



Transport combiné ou transport routier ? Etude des facteurs de choix entre deux systèmes de transport intérieur de fret

Zhi Ping Ji

► To cite this version:

Zhi Ping Ji. Transport combiné ou transport routier ? Etude des facteurs de choix entre deux systèmes de transport intérieur de fret. Economies et finances. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1994. Français. NNT : . tel-00529459

HAL Id: tel-00529459

<https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00529459>

Submitted on 25 Oct 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Thèse 94503

TRANSPORT COMBINE OU TRANSPORT ROUTIER ?
ETUDE DES FACTEURS DE CHOIX ENTRE DEUX SYSTEMES
DE TRANSPORT INTERIEUR DE FRET

JUIN 1994

Zhi Ping JI

THESE

réalisée au **L**aboratoire Techniques Territoires et Sociétés
et à la Direction de la Recherche de la SNCF
soutenue à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

pour l'obtention du Doctorat nouveau régime
spécialité **TRANSPORT**

sous la direction de Michel SAVY

Membres du jury :

Nathalie FABBE COSTES
Paul HANAPPE
Bertrand JALARD
Emile QUINET (Président)
Michel SAVY

Professeur à l'Université **LUMIERE** Lyon 2
Directeur de Recherche à l'**INRETS**
Chef du département **COMMUTOR** de la SNCF
Professeur à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées
Professeur à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées

AVANT-PROPOS

Le but de cette thèse est de décrire la problématique de la concurrence entre le transport combiné et le transport routier, par une analyse quantitative des facteurs influant le choix du transport combiné intérieur. Cette analyse s'appuie sur des outils économétriques du choix du mode de transport qui reposent sur la théorie de la maximisation de l'utilité du consommateur.

Une double démarche de la modélisation a été conduite afin de trouver les facteurs sensibles à l'égard du transport combiné : d'une part, la modélisation agrégée du partage modal à l'aide des données recensées sur un échantillon de 44 axes principaux du transport combiné intérieur, et d'autre part, la modélisation désagrégée à l'aide des données tirées de l'enquête auprès des chargeurs de l'INRETS.

Les résultats obtenus au cours de ce travail sont plutôt encourageants. Notre étude confirme que les facteurs tels que le prix et la distance ont une forte influence sur le choix du transport combiné. En plus, d'autres facteurs tels que les plages horaires de départ des trains, les différentes catégories de chargeurs et la valeur au kilo de l'envoi se révèlent également sensibles vis-à-vis du choix du transport combiné.

La méthode utilisée permet de prévoir l'influence de la concurrence sur le marché de transport de fret et peut s'avérer aussi un outil d'analyse dans le but d'éclairer la politique du développement du transport combiné.

Mots-clés : transport combiné ; transport routier ; modèle agrégé et désagrégé ; concurrence.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to describe the system of competition between the combined transport and the road transport through a quantitative analysis of the factors influencing the choice of the domestic combined transport. This analysis is based on the use of econometric tools for the choice of the transport mode based on the theory of consumer utility maximization.

In order to find the factors sensitive to combined transport, the research followed a dual path : on the one hand, aggregated modelling of modal split using data from a sample of 44 primary corridors for domestic combined transport, and on the other hand, disaggregated modelling using data from an INRETS's survey of carriers.

The results obtained during this work are rather encouraging. Our study confirms that factors such as price and distance have a strong influence upon the choice of combined transport. Moreover, other factors such as time intervals for train departures, the various categories of carriers, and the value per kilo of the parcel to be sent also influence the choice of combined transport.

The method we used is able to forecast the influence of competition on the freight market and can also be a useful analytic tool for helping a policy that would develop combined transport.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout particulièrement à remercier

Monsieur le professeur **Michel SAVY**, qui m'a fait l'honneur de diriger cette thèse et qui m'a donné les moyens de mener à bien ce travail.

Il m'a initié à la recherche et j'ai pu bénéficier de ses précieux conseils et de ses encouragements constants tout au long de la réalisation de cette recherche.

Qu'il soit assuré de ma respectueuse considération et de toute ma gratitude.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à

- Monsieur **Bertrand JALARD**, Chef du Département COMMUTOR de la Direction de la Recherche de la SNCF, pour m'avoir accueilli dans son département et surtout pour avoir bénéficié de nombreuses discussions fructueuses avec lui ;
- Monsieur **Guy MOYNOT**, Délégué au Développement des Activités Intermodales à la Direction du Fret de la SNCF, qui m'a suggéré ce sujet de recherche ainsi que l'intérêt qu'il a porté envers moi et l'apport de soutiens financiers.

Je remercie également Monsieur **Emile QUINET**, professeur à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Monsieur **Paul HANAPPE**, Directeur de Recherche à l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur sécurité et Madame **Nathalie FABBE COSTES**, Professeur à l'Université LUMIERE LYON 2, qui m'ont fait l'honneur d'accepter de bien vouloir juger ce travail.

J'adresse mes remerciements à

- Monsieur **Jean-Pierre BOURGIN** et Monsieur **Rémy-Charles DOSSIN** de la Direction du Fret de la SNCF pour leurs conseils et leur aide utiles lors de la phase de collecte de données ;
- Madame **Michèle GUILBAULT** de l'I.N.R.E.T.S., pour son aide dans l'accès aux données de l'enquête auprès des chargeurs.
- Monsieur **Bernard CHION**, Directeur commercial adjoint de la société Novatrans, Monsieur **Jacques BARDOUX**, adjoint au Chef du Département Transport Logistique et Monsieur **Michel LEBEGUE**, Responsable Marketing de la CNC, pour leur contribution à l'élargissement de mes connaissances du transport combiné.

J'exprime ma profonde reconnaissance envers Monsieur **Gilbert BAROU**, cadre de la SNCF, pour n'avoir cessé, avec grande patience, de relire et de corriger la thèse manuscrite et pour sa grande amitié.

J'adresse mes plus chaleureux remerciements aux collègues du Département COMMUTOR, et plus particulièrement à MM. **Bernard BOREL**, **Damien D'AMMASSA**, **Denis OUALET** et Madame **Françoise VIOIX**, pour leur sympathie, leur aide, leur patience, et leur soutien moral. Que tous soient assurés de ma plus sincère amitié et qu'ils resteront longtemps dans mes pensées.

A la Direction de la Recherche de l'E.N.P.C, pour son accueil, sa disponibilité lors de la réalisation du Doctorat en Transport.

Finalement, je remercie avec toute ma gratitude ma femme, ma famille et mes amis, pour leur encouragement, leur compréhension et leur amour. Je ne pourrais jamais leur en donner autant.

INTRODUCTION GENERALE

1. - Problématique

Le sujet de cette recherche a été proposé par la SNCF, précisément pour les besoins de la Délégation au développement des activités intermodales de la Direction du Fret. Il porte sur la modélisation du transport combiné rail-route à moyen terme en France, thème très vaste pouvant s'orienter vers de multiples cas de recherche.

L'idée initiale, qui s'est avérée irréaliste, consistait à construire un modèle global, technico-économique, qui aurait : d'une part, simulé le fonctionnement du réseau de transport, d'autre part, simulé le marché concurrentiel du transport de fret dans les zones adjacentes aux points d'entrée et de sortie du réseau. Puis on devait assurer, de façon "manuelle" sinon automatique, un bouclage entre la formation des trains (la production technique du transport) et l'offre commerciale de la SNCF (ses répercussions sur les parts de marché et donc sur le trafic ferroviaire à acheminer).

Après avoir eu une longue réflexion rétrospective sur les modèles existants (d'ailleurs, les modèles de trafic fret sont très rares), et surtout sur le manque de données fiables permettant de nourrir ce genre de modèles, nous sommes convaincu que l'élaboration du modèle global défini ci-dessus était trop à l'amont du thème du transport combiné. Notre recherche s'est orientée tout particulièrement sur la problématique du choix modal entre le transport combiné et le transport routier pour les transports intérieurs de fret. Les analyses ont été entreprises avec les deux objectifs suivants :

— délimiter le champ de la concurrence entre le transport combiné et le transport routier ;

- étudier dans quelle mesure l'évolution passée du trafic des deux modes concurrents est liée aux modifications de l'offre ferroviaire du transport combiné. Cette dernière est définie par le prix, le temps, la fréquence, la distance, les plages horaires de départ et d'arrivée.

Mais il est espéré également que ces analyses permettront d'avoir une première idée de l'importance de certaines variables explicatives de la répartition modale.

Le principe du transport combiné est apparu vers la fin de la seconde guerre mondiale, lorsque l'intérêt de jouer de la complémentarité des modes et d'organisation des transports empruntant sur la plus grande partie du parcours la voie ferroviaire s'est fait sentir. Le transport combiné résulte de l'union des prestations routières et ferroviaires. Il permet de cumuler, sur longue distance, la souplesse du transport routier en pré et post acheminement et la productivité, la régularité, la sécurité et la rapidité du transport ferroviaire.

Le transport du fret par chemin de fer n'a guère cessé de décliner au cours des dix dernières années en raison, à la fois, d'une concurrence plus sévère de la route et des mutations structurelles désavantageuses : crises pétrolières, déclin des mines et des industries lourdes, délocalisations industrielles. Devant ces changements profonds, la SNCF est contrainte de sortir de ses rails, et de miser en particulier sur la technique combinée pour aborder la reconquête du marché.

Les transports combinés peuvent-ils vraiment enrayer ce déclin ? Pourquoi les transporteurs ne viennent-ils pas plus nombreux à cette technique ? La rationalité macro-économique du transport combiné est-elle quasiment incontestée (congestion des infrastructures routières, accidents routiers, pollution, non respect des conditions réglementaires du travail), alors que la rationalité micro-économique lui est, pour le moment, défavorable ? Le système du transport combiné est-il plus attrayant que son concurrent routier dans certains segments du marché du transport de fret ?

On comprend dès lors la nécessité d'une bonne connaissance de la demande afin de mieux orienter les décisions en adaptant l'offre à cette demande mais aussi en cherchant à moduler la demande elle-même. A mesure que le trafic combiné augmente, il est nécessaire de mieux comprendre la façon dont la demande se répartit dans un système de transport, et les facteurs susceptibles d'influencer les changements dans les parts de marché parmi les modes concurrents. Les développements technologiques du transport combiné ouvrent l'éventail du choix modal pour la partie principale du trajet. C'est un grand thème du choix modal qui émerge.

La réalité du transport combiné est plutôt médiocre malgré une croissance soutenue depuis quelques années. Le transport combiné n'occupe aujourd'hui qu'une très faible part du marché du transport de marchandises. En 1989, il a représenté dans le transport ferroviaire 8,8 % du trafic total en tonnage et 14,4 % en tonnes-kilomètres, mais seulement 6 % environ en tonnes-kilomètres dans le transport routier national.

Le processus de déréglementation et de dérégulation des transports, le libre jeu d'une concurrence inter et intra-modale de plus en plus exacerbée, qui alimente le "tout routier" ne favorisent guère l'essor du transport combiné.

Le développement du transport combiné fait connaître aussi des limites intrinsèques liées aux contraintes techniques (hétérogénéité du matériel, gabarit du réseau ferroviaire), commerciales (tarification) et organisationnelles (contraintes administratives et réglementation propre à chaque mode).

L'intérêt de cette étude, au champ limité, réside dans la nature des deux modes de transport parfois comparables par le service rendu mais très distincts dans leurs procédés et leurs présentations.

Trois catégories d'agents économiques sont à l'origine de la demande de transport de fret :

- les chargeurs terrestres au sens classique du terme (producteurs, distributeurs, ...) ;
- les commissionnaires (groupeurs, transitaires, ...) ;
- les transporteurs (routiers, ferroviaires, maritimes, fluviaux).

Peu de recherches ont cependant été menées pour mieux comprendre comment ces agents économiques choisissent parmi les services offerts par les modes concurrents. Cela est partiellement dû au fait que le coût pour effectuer une recherche relative à la sélection d'un mode de transport peut être élevé à cause de la nécessité de longues enquêtes auprès des usagers.

Nous avons voulu faire un travail essentiellement explicatif : dans un système donné à une époque donnée, nous nous sommes efforcé de discerner, d'analyser, de classer les facteurs du choix du mode de transport, développant à cette fin la théorie qui nous a paru la plus appropriée à ce système, la confrontant avec la réalité observée.

Nous espérons aussi offrir des renseignements utiles à l'élaboration d'une politique générale de développement du transport combiné. En plus de l'esprit méthodologique qui a orienté cette étude, nous allons essayer d'établir un lien constant entre l'analyse empirique et la théorie économique.

L'étude des facteurs de la demande est nécessaire à un triple point de vue : satisfaire les besoins, moduler la demande, promouvoir une politique globale du transport. C'est dans cette optique que nous avons entrepris notre recherche sur le choix entre le transport combiné et le transport routier afin de proposer au responsable de la politique de transport un outil qui permette de mieux approcher ce triple objectif. Il convient maintenant d'en préciser l'esprit méthodologique.

2. - Approche méthodologique

Etudiant la problématique du choix de mode entre le transport combiné et le transport routier, nous sommes en présence d'un choix binaire où chacun des deux modes a une probabilité d'être choisi. C'est parmi les outils de la statistique que nous avons orienté notre recherche.

Préalablement à l'investigation économétrique, une approche théorique du choix du mode de transport s'impose car, seule, elle permet d'expliquer la logique profonde du phénomène. Il ne s'agit pas toutefois d'établir des théorèmes logiquement vrais mais de les confronter à la réalité. Pour relier l'approche théorique aux faits observés, il faut d'une part étudier ou forger les outils d'investigation économétrique et, d'autre part, recueillir les données elles-mêmes, tâche difficile mais essentielle. Enfin, dans le cadre de l'interprétation des résultats, un large appel au bon sens a été fait car entre l'incomplétude de la théorie et l'éloignement du réel des outils d'analyse, il est un recours indispensable à toute recherche.

L'emploi des méthodes économétriques a pour but, à partir de données empiriques, de trouver la meilleure représentation analytique entre les variables économiques et d'en estimer les paramètres. La réussite d'un modèle économétrique repose donc à la fois sur une analyse théorique correcte destinée à faire apparaître les variables pertinentes et sur une information statistique suffisante en qualité et en quantité.

Le choix du mode de transport dans le secteur des transports de fret est guidé par un haut degré de rationalité, contrairement au transport de voyageurs ayant plutôt des comportements aléatoires. Notre recherche se fonde essentiellement sur des considérations rationnelles, au moins sur la rationalité micro-économique quant au choix du mode de transport.

Toutefois, celui-ci a comme caractéristique particulière des structures d'organisation non purement et parfaitement concurrentielles : les résultats observés ne sont pas la somme de décisions inorganisées mais découlent de stratégies qui, elles-mêmes, peuvent varier avec le

temps. Ce constat met nettement en évidence la nécessité pour les transports de marchandises d'une sérieuse analyse du secteur demandeur avant toute tentative de modélisation. Les études de marché constituent donc un préalable indispensable.

L'organisation des marchés représente pour l'analyse un point très important qui doit être pris en compte dans les modèles. Or, les phénomènes de marché, tout comme d'ailleurs les éléments sociologiques, ne peuvent être intégrés dans les modèles sans, auparavant, une analyse poussée de ces marchés et des comportements qui s'y manifestent.

L'analyse micro-économique est indispensable. Le choix d'un mode n'est pas fondé sur une optimisation abstraite de la chaîne de transport en tant que telle mais résulte du comportement d'agents économiques qui optimisent leurs objectifs propres. L'identification des agents économiques et les raisons qui déterminent le choix entre les deux modes concurrents sont essentielles à la compréhension des perspectives du transport combiné.

La modélisation du comportement des agents économiques du choix modal n'est pas évidente. Face à une technique de transport complexe dont les créneaux de pertinence restent difficiles à cerner, la décision de faire ou de ne pas faire du transport combiné repose en général sur le chef d'entreprise qui décide souvent en fonction d'une perception intuitive de la situation.

L'un des aspects les plus positifs du recours à la modélisation est, sans nul doute, que cette approche impose des statistiques aussi homogènes que possible, ce qui débouche à terme sur la nécessité de banque de données composée de séries cohérentes.

De plus, le peu de succès de la modélisation en matière de prévision ne signifie pas pour autant que les modèles soient sans intérêt. Les modèles s'avèrent, au contraire, utiles pour l'analyse car ils permettent d'y introduire une certaine discipline, d'identifier le poids relatif des facteurs déterminant la demande et de comprendre les phénomènes sous-jacents à la formation de cette même demande.

Comme on le constate, la réussite du transport combiné n'est pas un phénomène aisé à expliquer et plusieurs justifications peuvent être avancées. Toutefois, au-delà d'une étude des comportements rationnels des acteurs du transport combiné, il serait sans doute bon de prendre en compte la dimension humaine du problème.

Le recours à des processus de segmentation est particulièrement justifié pour l'examen des transports de marchandises qui impose en fait une double démarche :

- Une démarche partant d'un point de vue global (flux de transport) et comportant un minimum de désagrégation permettant de faire ressortir des variables significatives du partage modal des deux techniques concurrentes. C'est la modélisation agrégée.
- Cette démarche est toutefois insuffisante pour l'établissement des analyses complètes ; elle doit être complétée par une approche partant de l'utilisateur (agent économique) du mode de transport ; d'autant que les nécessités du processus logistique du choix modal exercent désormais une incidence non négligeable sur le choix des modes de transport.

Les flux de transport sont des flux dérivés ; toute décision relative au transport, et donc en premier lieu le trafic qui en découle, est en fait la résultante d'une série de choix conditionnels difficiles à modéliser mais qu'il y a lieu de séparer soigneusement.

Le secteur de transports de marchandises est très diversifié. Pour être opératoires, les modèles utilisés en ce domaine exigent assurément un certain degré de désagrégation. Une approche trop globale masquant les phénomènes de substituabilité et de complémentarité essentiels pour une appréhension correcte des phénomènes de "transport".

Une désagrégation minimum s'avère également indispensable, d'une part pour voir jouer la qualité de service et d'autres facteurs d'offre dont on a souligné précédemment la nécessité de

tenir compte pour rendre les modèles opératoires, d'autre part pour saisir les modifications dans le comportement et l'évaluation des temps de service et de parcours.

Telle est schématiquement représentée la démarche scientifique que nous nous sommes efforcé de suivre. Deux types de difficultés ont été rencontrées :

— le premier tient au choix des variables explicatives,

Les variables explicatives choisies dès le début étaient le prix, la durée du transport, la distance, la fréquence des acheminement et les plages des horaires de départ et d'arrivée. Ces variables ont été les raisons le plus souvent citées par les nombreuses recherches antérieures dans le domaine du choix modal de transport de fret. Virtuellement, une large gamme de variables pourrait être incluse dans un modèle de choix, mais certaines variables sont étroitement en corrélation et quant à d'autres, les données ne sont pas toujours disponibles.

Il faut que les modèles soient construits de manière à inclure les variables sur lesquelles les décisions vont se fonder et notamment les instruments d'action des décideurs.

L'introduction de variables d'offre s'avère tout particulièrement indispensable pour les transports de marchandises qui, à titre d'illustration, seront étudiés ici un peu plus en détail.

Il serait en effet opportun, pour les prévisions d'échange de marchandises, d'introduire dans les modèles des variables relatives aux types de marché, de production et de commercialisation car ces données structurelles ne sont pas neutres à l'égard du partage modal ; ainsi, une organisation productive reposant sur un système coopératif ne sera pas sans conséquences sur le choix des modes utilisés.

La prise en considération de telles variables d'offre auxquelles réagissent les demandeurs sur le marché des transports, est sans aucun doute difficile. Elle se heurte notamment aux lacunes statistiques qui existent dans le domaine des transports de marchandises.

— le second à la collecte de données pertinentes,

Les statistiques relatives aux transports de marchandises posent un indéniable problème de qualité car elles sont trop souvent manipulées par des groupes de pression. Les modèles ne sauraient être meilleurs que les statistiques qui y entrent ; de ce fait même, ils incitent à une surveillance toute particulière de la fiabilité de ces entrées de données.

Les données de base actuellement disponibles sont insuffisantes, notamment en ce qui concerne les composantes du niveau de service des différents modes (coût et délais de transport, compte tenu des transports d'approche).

Toute réflexion sur la qualité des données laisse toujours planer une ombre de pessimisme sur l'intérêt et la valeur du travail accompli. Ces réflexions nous paraissent nécessaires pour communiquer quel fut notre esprit à l'égard des données et naturellement des résultats. Si, au cours de cette étude, la théorie nous a servi de guide, offrant un cadre rigoureux et proposant des concepts, si nous avons utilisé des techniques statistiques relativement élaborées, schématisant le processus réel, nous avons aussi largement fait appel au bon sens. Entre l'incomplétude de la théorie, l'éloignement du réel des méthodes et la déficience de certaines données, le bon sens est un recours indispensable dans toute recherche.

3. - Le plan de la thèse

Après avoir circonscrit le champ d'étude et défini notre approche, nous sommes en mesure de présenter le déroulement logique de notre étude, qui conformément à nos options méthodologiques, se décompose en quatre chapitres.

Objectif du Chapitre 1

Sans remettre en cause l'individualité du processus de décision, on ne peut considérer le choix comme un résultat isolé sur la scène économique. Le choix du mode de transport dépend de tout un environnement dont l'influence s'exprime à plusieurs niveaux.

Après avoir abordé l'évolution passée de la répartition modale, nous nous sommes centré sur l'évolution économique et son impact sur les motifs du choix modal. Son historique est tracé, avec les motifs qui, dans chaque circonstance, ont mené à son emploi. La question de la qualité des services comme facteur décisif au détriment du coût est liée étroitement au fait que les comportements des chargeurs ont été modifiés après l'arrivée du phénomène "logistique".

D'autres facteurs susceptibles d'influencer le choix du mode de transport ont été identifiés, de manière plus ou moins exhaustive, afin d'avoir une bonne connaissance des comportements des usagers. Cela conduira à une bonne considération de la pertinence des variables explicatives introduites dans notre recherche sur le choix modal entre le transport combiné et le transport routier.

Objectif du Chapitre 2

Dans le deuxième chapitre seront passées en revue les différentes catégories de modèles de demande du transport, afin de rechercher ou de forger l'état de l'art des outils d'analyse qui permettront de relier l'approche théorique aux faits observés.

Nous avons distingué deux grandes familles d'approche.

Nous qualifions la première approche de "modélisation agrégée" ; de là, une partie des efforts de recherche dans le domaine des transports consiste à intégrer des variables attractives de plus en plus pertinentes et à affiner l'expression du facteur d'impédance en fonction des caractéristiques du mode de transport. D'autres efforts portent sur la répartition modale du trafic global et sur la recherche de substitution de trafic.

La seconde approche sera appelée "modélisation désagrégée". Son but est uniquement d'analyser le choix observé et non de restituer des flux de trafic. Le choix du mode de transport est analysé en termes probabilistes et l'on recherche la fonction de probabilité qui fournit la meilleure explication des choix effectivement observés.

Objectif du Chapitre 3

Nous avons vu quelle importance il faut accorder aux données car, autant que l'instrument économétrique, elles conditionnent la qualité des résultats, c'est pourquoi nous leur consacrons un chapitre entier.

A partir de la lente et difficile collecte de données commerciales internes à la SNCF et aux deux sociétés de transport combiné (CNC et Novatrans), nous avons pu finalement bâtir une banque de données sur 28 chantiers combinés sélectionnés. Les matrices des flux de transport ont été calculées, relation par relation, tant pour le transport combiné que pour le transport routier. De là, les 44 principales liaisons du transport combiné ont été identifiées selon la part de marché calculée.

Les variables d'offre sélectionnées ainsi que les raisons de ces choix ont été aussi abordées afin de mieux comprendre les difficultés de collecte de données tout au long de notre recherche.

Une brève présentation de l'enquête auprès des chargeurs de l'INRETS, seule source disponible en France, conduira effectivement à une nouvelle approche qualitative de la modélisation désagrégée de la demande.

Objectif du Chapitre 4

Nous procédons à une double démarche de la modélisation du choix modal. La première part des flux de trafic et cherche à en déterminer les facteurs sensibles quant au choix modal ; la seconde se fonde sur l'observation directe des données individuelles, à partir de l'enquête auprès des chargeurs de l'INRETS.

CHAPITRE 1 LE CHOIX DU TRANSPORT COMBINE : LE CONTEXTE ECONOMIQUE ET LES FACTEURS DU CHOIX MODAL

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous allons aborder la notion de mode de transport intérieur de fret à longue distance.

Nous considérons qu'il existe quatre modes principaux de transport : le transport ferroviaire conventionnel (trains entiers) ; le transport routier ; le transport combiné rail-route ; le transport fluvial.

La principale concurrence s'exerce entre le transport ferroviaire et le transport routier car le transport fluvial joue un rôle négligeable.

La stratégie de développement volontariste de la SNCF impose d'associer, au mode ferroviaire existant, les avantages offerts par la route. Le transport combiné est donc considéré comme l'un des moyens de reconquérir la part de marché du fret.

Une analyse rétrospective montre que le prix a été le facteur primordial de choix. Progressivement, avec l'élévation du degré d'organisation de l'économie, des aspects de qualité du transport sont devenus prépondérants.

La qualité de service implique la fiabilité, la flexibilité, la réduction du temps de transport, la sécurité des marchandises. L'ensemble de ces processus de logistique permet au chargeur d'améliorer les opérations d'approvisionnement, de production et de gestion de stock.

Nous allons étudier les facteurs du choix modal à l'aide des deux sources éventuelles :

— le choix modal constaté, révélé par les statistiques publiées. Dans ce cas, ce sont les choix effectifs qui sont enregistrés ;

- les processus de choix modal déclarés, dans lesquels l'utilisateur indique, lorsqu'on l'interroge, les motivations de sa décision.

Nous analyserons ensuite le comportement des trois sortes d'utilisateurs principaux du transport combiné et leurs critères de choix : les messagers, les transporteurs de lot et les chargeurs.

Dans la dernière partie de ce chapitre, il sera question des avantages macro-économiques du choix de transport combiné. C'est un moyen plutôt écologique qui pollue moins, soulage aussi la saturation du réseau des transports routiers, et améliore les conditions sociales de travail.

1.1 - Le marché du transport intérieur de marchandises à longue distance et le choix modal

1.1.1 - Les modes concurrents et leur répartition modale

"Traiter un problème de transport, c'est tout d'abord étudier les solutions alternatives, autrement dit voir les prestations substituables qui relèvent effectivement de la concurrence. Mais les modes ne sont pas directement concurrentiels et ne se comparent pas sans précaution" (Frybourg, 1989, tome I, p. 7.2).

Chaque mode de transport est caractérisé (Frybourg, 1989, tome I, p. 7.8) :

- d'abord par une structure technique (implantation, caractéristiques des infrastructures, du matériel, de l'exploitation) ;
- ensuite par une structure juridique (nature des entreprises de transport, liens de celles-ci avec la puissance publique) ;
- enfin par un impact sur l'environnement économique (développement d'entreprises auxiliaires de transport, adaptation de la structure et de l'implantation de la clientèle en fonction de celles du mode de transport).

L'utilisateur des transports est confronté à un système de transport comportant un nombre élevé de systèmes (ou de modes) de transport qui se trouvent en situation de concurrence et entre lesquels il effectue son choix.

La conception d'un marché libre des transports repose bien entendu sur l'existence d'une concurrence parfaite et libre, entre les différents transporteurs qui offrent leurs services à la clientèle.

Les transports intérieurs de marchandises à longue distance constituent un des domaines où la concurrence est la plus vive. Nous distinguons ici qu'ils comportent quatre techniques

théoriquement substituables : le transport ferroviaire conventionnel, le transport fluvial intérieur, le transport routier de bout en bout et le transport combiné.

Nous allons esquisser schématiquement l'évolution et l'actualité de ces quatre modes concurrents.

Tableau 1-1 : Evolution de la répartition modale du transport intérieur de marchandises (oléoducs exclus, tonnes-kilomètres en %)

Période	Route	Voie d'eau	Chemin de fer
1935-38	24	15	61
1971-74	50	10	40
1976	54	7	39
1982	57	6	37
1985	58	5,5	36,5
1986	61	5	34
1987	63	5	32
1988	65,5	4	30,5
1989	66	4	30

Source : Merlin P. (1991, p. 353)

L'évolution de la répartition modale (c'est-à-dire les changements qui interviennent dans les parts respectives des différents modes de transport) est très souvent comparée sous l'angle de statistiques dans les transports intérieurs français (Tableau 1-1).

— **Le chemin de fer** a longtemps été lié au développement industriel. Son trafic a suivi, jusqu'à la fin des années 1950, une évolution presque parallèle à la production industrielle.

Le transport ferroviaire conventionnel, effectué sur de longues distances, concerne notamment les produits énergétiques, métallurgiques, les composés chimiques de base, les matériaux de construction, céréales, etc. Il s'agit de produits de faible valeur à la tonne, transportés par grosses masses sur courtes ou longues distances, essentiellement en dehors des zones urbaines.

- **Le transport fluvial intérieur** demeure relativement marginal. Le trafic de marchandises par voie d'eau a bien résisté jusqu'à la deuxième guerre mondiale, plus difficilement après, pour presque s'effondrer au cours de la dernière décennie. En 1989, la navigation intérieure représente à peine 4 % du trafic intérieur de marchandises en volume (tonnes-kilomètres). Il est pourtant très compétitif du point de vue du coût de transport des envois lourds.
- **Le transport routier** a subi une évolution brillante, un quadruplement entre 1960 et 1990. Le transport routier permet un service de porte-à-porte, sans rupture de charge, par charge complète, avec des délais de livraison courts, une excellente garantie d'acheminement et une bonne sécurité de livraison.

Le trafic routier intérieur de marchandises est estimé, pour 1990, à 170 milliards de tonnes-kilomètres (dont 120 assurés par des véhicules de plus de 3 t de charge utile, les seuls pour lesquels on dispose de statistiques précises). La route représente donc près des trois quarts du trafic intérieur de marchandises (oléoducs exclus : les deux tiers si on prend en compte ceux-ci).

En tonnage, la supériorité de la route est encore plus écrasante : 1,5 milliard de tonnes (chiffre 1989) contre 147 millions pour le rail, 64 millions de tonnes pour la voie d'eau et 27 millions de tonnes pour les oléoducs (à plus de 50 km), soit 86 % pour la route. (Merlin P., 1991, p. 180).

Le transport routier de marchandises se divise en deux grands régimes de transports : le transport pour compte propre et le transport pour compte d'autrui.

- le transport pour compte propre

Le transport pour compte propre, à savoir celui qui est réalisé par des entreprises industrielles ou commerciales avec leurs propres véhicules, représentait en 1989, 60 % des tonnes transportées en trafic intérieur routier et seulement 32 % en tonnes-kilomètres.

Le transport pour compte propre est donc majoritairement dédié aux transports courts (65 % en tonnage en 1989) tels ceux réalisés par les flottes des coopératives agricoles ou par celles des distributeurs de produits de grande consommation. La distance moyenne de transport par tonne transportée est de 44 km en compte propre et de 127 km en compte d'autrui.

— le transport pour compte d'autrui

Le transport routier de marchandises générales pour compte d'autrui, concernant le fort tonnage et la longue distance, est le segment de transport routier le plus strictement réglementé.

En fait, la part la plus sensible du transport routier est constituée par le transport en zone longue de charges importantes. C'est cette fraction, en vive concurrence avec le chemin de fer, qui se trouve placée, par l'abandon de la Tarification Routière Obligatoire (TRO) et l'assouplissement du contingentement, dans des conditions plus libérales d'exercice de la profession (Merlin P., 1991, p. 179).

— **Le transport combiné** : En 1989, il a représenté 8,8 % du trafic en tonnage et 14,4 % environ en tonnes-kilomètres du trafic total du chemin de fer et à peine 5 % du trafic routier total dans le réseau national.

En conclusion :

- la concurrence dans les transports intérieurs de marchandises repose essentiellement sur la concurrence rail-route ;
- le transport routier prédomine sur les échanges lourds et équilibrés, indépendamment de la distance de parcours ; le transport ferroviaire conventionnel s'impose sur les trafics déséquilibrés et pour les faibles charges ;

— le marché a été totalement désorganisé par le progrès technique qui a supprimé le monopole industriel du chemin de fer, et par la crise économique. La demande s'est trouvée réduite brutalement alors que la capacité offerte s'était accrue considérablement par la venue du transport routier (Frybourg, 1989, tome I, p. 7.6).

Toutefois, il est important de faire la différence entre des variations dans la répartition modale liées aux structures de la demande et dans le choix du mode lié aux comportements de chargeurs, à structure de demande égale.

La plupart des changements intervenus ne reflètent pas une révision du choix modal.

Le chemin de fer a toujours été fortement dépendant du transport de forts et très forts tonnages. Ces catégories de marchandises se sont moins développées que d'autres segments du marché total ; une baisse assez spectaculaire est même intervenue au cours des dix dernières années. En fait, c'est le marché même du chemin de fer qui s'est réduit de manière notable.

Nous arrivons à conclure à une nécessité d'analyse poussée à travers des motifs du choix modal puisque la variation de la répartition modale peut fort bien intervenir sans qu'un seul utilisateur des transports n'ait en fait modifié son choix modal.

1.1.2 - L'évolution économique et les facteurs principaux du choix modal

A. - Les différents segments du marché de transport intérieur de fret

Un choix modal n'est possible que pour une part limitée du marché des transports de marchandises. Les conditions dans lesquelles intervient le choix modal, les diverses solutions possibles, les besoins et les motivations qui président à ce choix diffèrent considérablement entre les différents segments du marché global des marchandises.

Il est important de prendre conscience du fait que le problème du choix modal ne se présente pas de la même manière pour l'ensemble du marché des transports. L'analyse qui suit sera donc principalement consacrée aux segments du marché pour lesquels existe un véritable choix entre plusieurs modes.

Les différents segments du marché de transports intérieurs de fret peuvent être distingués suivant de nombreux paramètres dont les plus significatifs sont le poids des envois, la distance de transport et la nature des marchandises.

L'étude fonctionnelle des transporteurs de marchandises conduit à distinguer, d'après le poids des envois, trois grandes catégories :

- les transports lourds : ces transports concernent les envois d'un poids supérieur à 480 tonnes, effectués sur de longues distances. Leur masse est très importante, mais les coûts de transport étant faibles, ils s'effectuent, selon le cas, par trains complets, par voie d'eau ou par oléoduc ;
- les transports par charges complètes : il s'agit de transports relatifs à des envois d'un poids compris entre 3 et 480 tonnes. Ces transports s'effectuent surtout par route ou par chemin de fer, mais peuvent aussi concerner la voie d'eau ;

Le marché des charges complètes routières correspond d'ailleurs à celui de wagon isolé sur lequel la SNCF vise à capter de nouvelles parts de marché.

- les envois de détail (en dessous de la capacité d'un camion ou d'un wagon de chemin de fer, les transport relatifs à des envois d'un poids inférieur à trois tonnes) sont les plus coûteux en valeur relative en raison des frais élevés de manutention et d'organisation. Ces transports sont les plus sensibles à la qualité du service de transport (commodité, rapidité, sécurité). La concurrence s'y exerce entre le camionnage, le chemin de fer, l'avion et les transports combinés.

Une analyse poussée de la segmentation de l'activité retenue par les routiers est en général basée sur la taille et/ou la nature de l'envoi. Les différentes professions du transport routier des envois de détail sont (SERETE, 1990, vol. 2, p.36) :

- la messagerie de détail : l'envoi est alors un colis dont la masse va de quelques kilogrammes à quelques centaines de kilogrammes ou plus (500 kg est considéré dans la plupart des cas comme une limite haute) ;
- la messagerie de lots : l'envoi est constitué d'une ou plusieurs palettes (de quelques centaines de kilogrammes à quelques tonnes) mais nécessite toutefois un groupage technique avant traction (passage à quai) ;
- les charges complètes : c'est l'activité de prédilection du transport à la demande où le chargement, réalisé auprès d'un seul chargeur (voire un petit nombre de chargeurs si le véhicule peut effectuer une tournée), peut totaliser de 10 à 25 t environ selon la densité de la marchandise et sature les capacités du véhicule (généralement de type semi-remorque).

Les frontières entre ces différents métiers demeurent toutefois assez floues, soit parce que les transporteurs pratiquent plusieurs métiers à la fois, soit parce que le jeu de la sous-traitance (ou affrètement) complexifie notablement le système de production.

B. Rappel bibliographique sur les facteurs principaux du choix modal

Le choix des modes de transport, notion fondamentale dans la planification, est le plus souvent contraint, voire inexistant. C'est le domaine qui a donné lieu au plus grand nombre d'études, surtout dans les années soixante-dix. Les facteurs qui ont le plus d'influence sur le choix du moyen de transport utilisé sont (Merlin P. 1991, p.79) :

- le coût de transport : mais aussi celui d'opérations liées au transport (conditionnement, entreposage, assurance...), bref, ce que D. L'Huillier a appelé le coût de transfert, doivent être intégrés dans le prix de revient des productions agricoles et industrielles et en constituent parfois une part importante ;
- le temps : la rapidité des transports a une importance variable selon les produits, primordiale pour les produits de haute technologie (pièce d'ordinateur par exemple) et pour les produits périssables ;
- la sécurité du transport : certitude de bon acheminement, de non-détérioration, etc.

Mais le coût, le temps et la sécurité du transport n'expliquent pas suffisamment le choix du mode et le fait est que, dans le choix fait par l'expéditeur (ou le destinataire), de nombreux autres facteurs sont susceptibles d'influencer le choix. Le tableau 1-2 résume les facteurs jugés les plus importants dans les transports de marchandises par les usagers, selon les conclusions d'une étude effectuée en Suède, présentée dans le Rapport CEMT (1985, p. 88).

Tableau 1-2 : Facteurs essentiels du choix du système de transport jugés par les usagers

FACTEURS RATIONNELS

— Facteurs de rendement

Temps du transport ;

Fréquence ;

Fiabilité - régularité ;

Limites de capacité.

— Facteurs du coût

Prix ;

Effets - prix dus à des changements dans les besoins ;

Accords sur l'indexation ;

Accords de crédit.

— Facteurs de qualité du service

Taux de pertes et dommages matériels ;

Gestion et règlement des pertes et dommages matériels ;

Localisation des marchandises ;

Etablissement des documents ;

Communications ;

Informations fournies à l'expéditeur et au destinataire ;

Conditions relatives à l'environnement des marchandises ;

Service de livraison à la clientèle ;

Service de chargement, déchargement, conditionnement, etc. ;

Flexibilité - souplesse du service rendu par le transporteur en ce qui concerne les variations d'horaires et de quantités pour les enlèvements et les livraisons.

FACTEURS NON RATIONNELS

Les traditions de l'entreprise ;

Comportement et système de valeurs du responsable de la distribution ;

Relations personnelles entre vendeur et acheteur.

Source : CEMT, 1985, p.88

Le tableau ci-dessus montre la complexité du problème du choix modal dans un environnement moderne. La nécessité de tenir compte des facteurs non rationnels, tels que les relations personnelles, le degré de confiance, le fait que les transports sont un domaine où les opinions publiques sont souvent influencées par des habitudes acquises et des comportements très conservateurs.

Les effets de plusieurs de ces facteurs ont déjà fait l'objet d'études. Certains facteurs sont quantifiables (temps, coût ou prix, distance, valeurs des produits), d'autres ne sont pas facilement mesurables. Ces derniers ont souvent été étudiés au moyen de recherches sur les attitudes et techniques du comportement, dont les résultats apparaissent sous la forme de listes de préférence et d'appréciations quantitatives.

C. - L'exigence de la notion de qualité de service

Le comportement de choix modal constaté est que la route a gagné une part croissante du marché des transports alors qu'on observe parallèlement que les tarifs des transports routiers sont plus élevés que ceux du rail.

Un facteur essentiel du succès des transports routiers a été le fait que les entreprises de transport se sont trouvées en mesure d'offrir un service amélioré à un tarif comparable à celui de chemin de fer.

Le facteur essentiel qui explique les améliorations réalisées est que les transporteurs routiers ont réussi à éviter toute opération de transbordement pour les expéditions, et sont ainsi parvenus à réduire à la fois le temps de transport et le pourcentage de dommages matériels tout en améliorant la régularité et la fiabilité du service, performance que les chemins de fer n'étaient absolument pas en mesure d'imiter.

La principale innovation apportée par le transport routier de marchandises n'a donc pas été la baisse du coût mais, dans une très grande mesure, l'amélioration de la qualité de service.

La qualité de service est une caractéristique multiforme. Les attributs fondamentaux d'un mode de transport, compte tenu qu'ils doivent être toujours présents dans tous les services pour servir cette finalité, sont (CEMT, 1984, pp. 96-98) :

- **fiabilité** : on entend par là l'aptitude du système de transport à assurer un service conforme aux impératifs spécifiques relatifs à tous les facteurs liés au temps en ce qui concerne l'enlèvement et la livraison ;
- **temps de transport** : est important à l'égard de nombreuses opérations de transport qui ne sont pas prévues longtemps à l'avance, et s'avère capital pour le transport de marchandises périssables ;
- **flexibilité** : est définie ici comme la souplesse d'adaptation du système de transport face à des variations quotidiennes des horaires d'enlèvement et des quantités à livrer ;

Les chemins de fer n'ont jamais été et ne seront jamais en mesure d'offrir la même flexibilité de service. La flexibilité est donc à présent une autre raison majeure du choix des transports routiers au détriment des chemins de fer, pour l'acheminement des marchandises à l'intérieur du pays.

- **perte et dommages matériels** : les clients des transports choisissent un service sans transbordement aux terminaux pour la simple raison que le risque de pertes et dommages matériels leur paraît fortement réduit ;

- coût de transport : le coût (le prix) reste, naturellement, un paramètre important et, dans des cas où la qualité de service est comparable entre les modes de transport, le coût (ou le prix) peut être le facteur décisif du choix effectué.

D. - Nécessité d'une approche logistique du choix modal

Le concept de logistique désigne une organisation des transports qui est intégrée aux opérations d'approvisionnement - production - distribution et stockage - conditionnement des biens. A l'origine de la logistique, on trouve des entreprises industrielles ou commerciales importantes qui ont cherché à diminuer le coût global de ces opérations.

La logistique nécessite corrélativement des transports rapides, disponibles et fiables, guidés par des flux d'informations.

Les exigences d'une approche logistique du choix modal ont des conséquences multiples :

- haute priorité accordée à la fiabilité en termes de respect des horaires ;
- très faibles taux de pertes et dommages matériels ;
- services d'information.

Cette évolution dans les motivations et les besoins des clients des transports aura bien entendu une forte incidence sur le marché des transports.

1.1.3 - Coordination intermodale rail-route

L'organisation de la profession est, en France, très complexe, car elle traduit le souci des pouvoirs publics d'une coordination intermodale. La coordination a entraîné une réglementation concernant le contingentement, la tarification et la réglementation du travail.

— Contingentement

Les autorisations d'exploitation des véhicules sont obligatoires pour le transport public et le transport de location, effectué à une distance supérieure à 200 km. Ces autorisations sont distribuées par les pouvoirs publics en nombre contingenté pour le transport public et non contingenté pour le transport de location de longue durée.

— Tarification

La tarification a longtemps été obligatoire. Ce système, dit tarification routière obligatoire (TRO), a été mis en place en 1961, à la demande des transporteurs eux-mêmes, pour éviter que les petites entreprises ne pratiquent des prix trop bas. Il s'agissait d'une fourchette de tarifs, dont le maximum est supérieur de 13,3 % au minimum. Celui-ci était fixé par le Comité national routier (CNR), représentant de la profession, en fonction de la classe tarifaire (9 classes dans lesquelles sont classées 9000 marchandises), de la distance tarifaire (calculée selon un découpage en 633 zones) et du classement de la relation (quatre catégories selon la difficulté de la liaison). La TRO s'appliquait aux envois importants en distance longue de produits non spécialisés, ceux-là mêmes pour lesquels le transport routier est en concurrence avec le chemin de fer.

— Réglementation sociale

La réglementation sociale propre au transport routier concerne surtout les temps de conduite et la durée du travail. Elle a une triple fin : améliorer les conditions de travail des conducteurs, éviter les accidents dus à la fatigue, imposer des conditions de concurrence qui ne soient pas trop avantageuses par rapport au chemin de fer.

1.2 - Analyse du besoin des acteurs du transport combiné et leurs critères de choix

1.2.1 - La notion de transport combiné

"Sous la dénomination transport combiné, se regroupent différentes techniques adoptant le même principe d'acheminement d'une marchandise de porte à porte, dans un contenant portant le nom d'UTI (Unité de Transport Intermodal) et empruntant successivement plusieurs modes de transports sans manutention de la marchandise, sous couvert d'un seul contrat." ¹

A. - Bref historique

Si l'on trouve trace de l'idée de transport rail-route dès l'origine des chemins de fer, avec des transports de caisses de diligences sur wagons, ce n'est qu'après la seconde guerre mondiale que le transport intermodal a vraiment pris naissance, à la fois par l'apparition et le développement de la conteneurisation au plan maritime, et par l'apparition et le développement de techniques rail-route de plus en plus performantes pour les transports purement terrestres.

B. - Les opérateurs du transport combiné

Dans la conception classique du transport combiné, l'opérateur est l'acteur économique qui commercialise sous son nom un service de transport d'UTI en assemblant sous sa propre responsabilité contractuelle diverses prestations élémentaires successives qu'il peut soit produire lui-même soit acheter à des fournisseurs.

Architecte du transport combiné, l'opérateur en assume seul la garantie de bonne fin envers les expéditeurs (chargeurs ou transporteurs routiers) qui lui ont confié le transport de leurs UTI et

¹ Cette définition est issue du "Guide pratique du transport à l'usage des entreprises industrielles et commerciales." Auteurs : CAPON J. et al. , Paris. 1989.

qui, en principe, n'ont pas à connaître par quelle succession de moyens techniques il exécute ou fait exécuter l'obligation de résultat sur laquelle il s'est engagé, contre paiement d'un prix convenu couvrant l'ensemble de l'opération.

En France, les trois techniques combinées les plus courantes (conteneurs, semi-remorques rail-route, caisses-mobiles) furent longtemps développées par deux sociétés : la CNC et Novatrans.

- la première commercialisant les conteneurs et les caisses mobiles ;
- la seconde commercialisant les semi-remorques rail-route et les caisses mobiles.

Chacune des deux sociétés avait donc une technique en exclusivité tandis que la technique caisses-mobiles était offerte par les deux, mais Novatrans travaillait en quasi exclusivité pour les transporteurs publics en n'intervenant qu'à partir des chantiers alors que la CNC s'adressait aux chargeurs en leur fournissant le matériel. Cette situation fait face à une concurrence largement ouverte entre eux, tant pour les caisses remises par des chargeurs que pour les caisses remises directement par des rail-routiers au départ des chantiers des opérateurs.

1. - la CNC

La CNC est une filiale de la SNCF. Elle assure un service complet de porte à porte et exploite 43 chantiers terminaux en mettant ses conteneurs à disposition des chargeurs . Propriétaire des wagons, elle assure la gestion de ses chantiers, la manutention avec son parc d'engins et le plus souvent, le service routier terminal à chaque extrémité par l'intermédiaire de transporteurs sous-traitants. La CNC agit comme un commissionnaire de transport, avec cependant un système de commercialisation différent selon la nature du transport à effectuer : maritime, intérieur et international.

— CNC en trafic maritime

La CNC assure en France les pré et post acheminements terrestres des grands conteneurs, en provenance ou à destination de l'Outre-mer, qui lui sont remis par tous les opérateurs maritimes, essentiellement les armements, et par les chargeurs si ceux-ci ont la maîtrise réelle de ces transports.

— CNC en trafic terrestre intérieur

La CNC intervient sur le marché des transports terrestres intérieurs soit pour transporter les UTI appartenant à ses clients, soit en offrant elle-même l'UTI pour assurer le transport.

2. - Novatrans

Novatrans est une société anonyme qui a pour vocation de transporter par voie ferrée les véhicules spécialisés des transporteurs routiers. Elle exerce le rôle de prestataire de services auprès des transporteurs, qui consiste à prendre en charge les semi-remorques rail-route ou caisses mobiles dans un chantier et à les acheminer et les mettre à disposition dans la site de destination.

3. - La SNCF

La SNCF qui assure la traction et qui met son réseau à la disposition des opérateurs du transport combiné. La SNCF joue un rôle déterminant dans le domaine du matériel roulant et des chantiers de transbordement en matière d'investissement. Depuis 1988, la SNCF est passée du stade de tractionnaire à celle de prestataire avec ses nouveaux services du transport combiné : Chronofoid, Transeurochem et Chronodis.

Les stratégies du développement du transport combiné de deux opérateurs concernent :

- pour Novatrans : un positionnement sur les seuls axes de fort potentiel avec des wagons circulant en navette (suppression quasi totale du trafic diffus) ;
- pour la CNC : une desserte quasi complète du territoire national avec de nombreux chantiers et en utilisant les techniques du lotissement ² (en complément de celles de l'organisation spéciale). cette gestion du diffus s'est par ailleurs trouvée complexifiée par l'utilisation d'un parc d'UTI (Unité de Transport Intermodal) particulièrement hétérogène (petits conteneurs, conteneurs ISO, caisses mobiles).

1.2.2. - Les principaux acteurs du transport combiné

Quelle est la composition actuelle du "fonds de commerce" du transport combiné ?

Il entre évidemment dans toute réflexion sur l'avenir du transport combiné d'essayer de connaître la répartition par nature des marchandises qui composent actuellement ce qu'il est convenu d'appeler le "fonds de commerce" du transport combiné traité en France.

Toutefois, cette approche est rendue difficile par le fait que - sauf dans le cas précis des matières dangereuses - il n'existe pour l'expéditeur d'une UTI aucune obligation de déclarer, en contrat de transport multimodal, la nature exacte du produit transporté.

Quels sont les acteurs économiques concernés ?

² Les techniques du lotissement consistent à rassembler dans les gares de triages, les wagons de provenances diverses pour constituer des unités de transport allant éclater dans des triages terminaux, où les wagons sont dégroupés et acheminés vers leur gare de déchargement.

La clientèle qui compose le "fonds de commerce" du transport combiné se répartit en quatre catégories, leur degré d'attachement commercial au transport combiné de chacune de ces catégories de clients n'est pas uniforme (Rapport BIC, 1990) :

- **Les compagnies maritimes** sont généralement disposées à confier à l'opérateur terrestre une certaine part du trafic dont elles ont la maîtrise. Mais, désireuses de conserver leur entière liberté commerciale dans la tradition des usages de la mer, elles ne prennent pas d'engagements a priori sur ce que sera cette part. En revanche, elles exigent de l'opérateur terrestre le respect d'un "contrat de qualité" dont les dispositions sont relativement minutieuses et contraignantes pour lui ;

La plupart d'entre elles négocient directement avec les opérateurs de transport combiné les conditions tarifaires applicables aux envois qu'elles leur remettent dans les ports.

- **Les chargeurs terrestres** (producteurs, distributeurs...) proprement dits demandent généralement à l'opérateur un service complet (fourniture des UTI, transport, stockage...) s'intégrant de plus en plus harmonieusement dans leur propre logistique ;
- **Les intermédiaires de transport** (groupeurs, transitaires...) se contentent souvent d'un service moins élaboré, généralement limité à la seule composante d'acheminement du transport combiné. Mais ils constituent la frange la plus instable du fonds de commerce. Pour eux, le choix du transport combiné parmi les divers modes en présence ne prend une orientation relativement permanente que dans la mesure où ils deviennent propriétaires de leur propre parc d'UTI. A partir de cet instant, le transport combiné entre dans la palette de leur offre de service complet, mais sans en exclure pour autant les autres modes ;
- **Les rail-routiers** attachent une importance primordiale à la qualité de service.

1.2.3 - Les transporteurs routiers et leurs critères de choix

La description et l'analyse des structures de production seront effectuées pour deux grands métiers distincts :

- la messagerie ;
- le transport de lots (complets ou partiels).

A. - Les messagers

Les messagers sont généralement des entreprises qui ont toutes eu une réflexion approfondie sur le transport combiné. En effet, l'objectif du messager est d'assurer au client un service de qualité et tout moyen de transport permettant d'y parvenir est pris en compte. Le transport combiné est donc jugé par ces entreprises selon les critères suivants (SERETE, 1990) :

- les délais de transport :

effectués en "saut de nuit" avec départ du train à 21 / 22 h le jour A, arrivée à destination à 5 / 6 h du matin le jour B ;

- la fiabilité :

cette nécessité de ponctualité se justifie sur un plan commercial où l'ensemble du système de production étant relativement rigide, l'arrivée en retard d'une caisse ne permet pas d'intégrer sa marchandise dans la première tournée de livraison ;

- le prix :

la traction n'intervenant que pour 20 à 25 % du coût total de la prestation de messagerie, on conçoit aisément que ce facteur ne soit pas prioritaire ;

— la gestion du personnel :

des trafics nocturnes qui tiennent les chauffeurs éloignés de leur famille ;

des trafics en double équipage réputés dangereux chez certaines entreprises (concentration moindre du chauffeur quand il a un passager).

B. - Les transporteurs de lots

Les transports de lots, partiels ou complets, sont encore appelés transport à la demande ; cette appellation n'est donc pas neutre dans le cadre de l'organisation des tractions d'une entreprise routière puisqu'elle signifie qu'il n'existe pas de plan de transport.

Il reste l'activité classique du transport routier : ce marché demeure néanmoins extrêmement concurrentiel car exceptées quelques prestations particulières du type flux tendu, il est accessible à tout transporteur routier.

Les entreprises utilisant le transport combiné ou ayant effectué des études de faisabilité en vue de son utilisation : dans ce cas les transporteurs jugent la technique sur un nombre restreint de critères qui sont (SERETE, 1990) :

— le prix :

la profession estime aujourd'hui que le transport combiné au plan national est plus cher que la route dans une proportion moyenne de 15 à 25% ;

manque de souplesse des pratiques commerciales.

— la fiabilité :

moins exigée qu'en messagerie ;

leurs critiques sont aujourd'hui exacerbées par le fait qu'un train sur dix a un retard significatif à son arrivée.

— la rapidité :

les transporteurs estiment que seuls 10 % des acheminements ont un besoin certain de rapidité (denrées périssables, produits à très haute valeur ajoutée, ruptures imprévues de stock...).

— l'adéquation du transport combiné à leur organisation :

l'existence d'un flux équilibré sur une relation, le transport combiné ne permettant pas de faire aujourd'hui de relations triangulaires ;

il existe un effet de seuil dans la gestion des tractions terminales ;

le transport combiné nécessiterait une présence physique de l'entreprise aux deux extrémités de la relation de transport combiné afin de pouvoir amener et réceptionner les caisses et de maintenir accessoirement un contact direct avec la clientèle.

1.2.4 - Les chargeurs et leurs critères de choix

L'implication des chargeurs dans le monde des transports peut être effectuée soit directement (compte propre) soit indirectement quand ils deviennent prescripteurs en matière de transport. D'une façon globale, les chargeurs sont favorables à la multiplication des offres et alternatives de transport qui leur garantissent un marché des transports concurrentiel et donc compétitif. Le transport combiné, dans ce contexte, suscite des réactions de deux ordres :

- Si l'entreprise fait du compte propre, il ne fait aucun doute que le transport combiné sera utilisé s'il est plus compétitif que la route pure. En ce sens, les chargeurs ont des réactions et des réflexes tout à fait comparables aux routiers. L'intérêt du transport combiné pourrait même être amplifié par l'existence de plans de transport chez ce type de chargeurs.
- Si l'entreprise ne fait pas de compte propre, le choix de la technique (le transport routier ou le transport combiné) revient au transporteur routier puisque, à de rares exceptions près, le chargeur n'intervient pas dans la détermination du mode ; il est à ce titre notoire que nombre de chargeurs ne savent pas que leurs transports sont organisés en combiné rail-route.

En effet, le coût du transport en compte propre est globalement supérieur à celui du compte d'autrui. Le transport routier pour compte propre s'est donc globalement maintenu dans deux cas de figures : le suivi des coûts routiers ; les flux internes sur mesure.

On constate dans la réalité une approche plus pragmatique de la majorité des responsables logistiques des chargeurs qui décident d'un transport :

- sur son prix ;
- sur son délai ;
- sur la fiabilité du prestataire.

1.3 - L'environnement socio-économique du choix

Il est incontestable que le transport combiné est actuellement porté par un certain nombre de facteurs de croissance qui autorisent à envisager son développement avec confiance, dans un avenir à moyen terme.

1.3.1. - Les économies d'énergie

Les bilans énergétiques comparés du transport routier et du transport combiné montrent clairement que le transport combiné permet une bien meilleure maîtrise de l'énergie que le transport routier. Il est à noter que le chemin de fer consomme environ quatre fois moins d'énergie que le camion par tonne - kilomètre (Merlin P., 1989, p. 1989).

1.3.2 - La saturation progressive du réseau routier

On observe notamment à l'approche des grandes villes, une saturation que l'extension du réseau autoroutier ne suffit plus à éliminer et qui augmente chaque année, dans le temps (périodes plus longues de saturation avec des pointes touristiques plus nombreuses) et dans l'espace (saturation de sections de plus en plus longues).

Sans aller jusqu'à des transferts "autoritaires" de trafics routiers sur le transport combiné, on peut penser en effet que cette déclaration est annonciatrice de mesures qui, tout en respectant les règles d'une saine concurrence, pourraient finalement aller dans le même sens.

1.3.3 - Conséquences sociales

A. - Amélioration des conditions de travail

Elle apparaît de plus en plus nettement à chaque fois qu'un grave accident routier est imputable à des pratiques de non respect chronique de la législation du travail.

Sans exagérer l'importance de ce facteur, on peut penser que son poids ira croissant dans l'opinion publique et que la prise de conscience du caractère socialement harmonieux du transport combiné lui attirera de plus en plus de sympathisants.

B. - sécurité

La gravité croissante des accidents routiers due au non respect des règles de sécurité est un facteur qui pèsera également en faveur du transport combiné.

Une enquête d'opinion a montré qu'une assez large majorité d'occupants de voitures particulières ressentent aujourd'hui le poids lourd comme un danger potentiel grave, surtout lorsqu'il "talonne" à des distances jugées empiriquement inférieures aux distances de freinage.

Le côté sécurité du transport combiné présente donc des virtualités d'image encore inexploitées et qui pourraient l'être habilement, si les acteurs concernés en ont la volonté et s'ils ont le tact de ne pas tomber dans des comptabilités macabres comparées.

C. - Pollution

Le caractère polluant des poids lourds sera de moins en moins bien supporté par les usagers particuliers qui partagent les mêmes infrastructures routières. Inversement, le rail français - à traction électrique dominante - possède dans l'opinion l'image d'un mode non polluant.

1.3.4 - Les gains de productivité

Le transport combiné génère un avantage sur les postes emballage et manutention dès qu'un envoi atteint un tonnage suffisant pour constituer la charge complète d'une UTI ou un volume correspondant à la capacité offerte par une UTI.

1.3.5 - La régularité des acheminements et la fiabilité du procédé

La fiabilité revient souvent dans l'énumération des qualités attendues du transport combiné. A ce jour, l'image d'un transport combiné jugé fiable, sinon même très fiable en dehors des périodes de troubles sociaux, s'est trouvée entamée par quelques déceptions ponctuelles.

L'aptitude du transport combiné à mieux s'intégrer que la route dans la chaîne logistique du client (expéditeur, mais surtout destinataire) constitue un atout important. Contrairement au camion, l'UTI est un engin qui sait se faire "discret et patient".

Dans la logistique industrielle, les véritables décideurs sont le plus souvent des chefs de quai, ces qualités de "patience" et de "discrétion" de l'UTI sont parfois très appréciées par les gens du "terrain" dont l'influence est souvent déterminante dans le choix.

Enfin, il existe un atout du transport combiné qui constitue, en quelque manière, une "anti-prouesse", c'est l'aptitude du transport combiné à faciliter la gestion des approvisionnements par la constitution de stocks temporaires d'UTI à l'intérieur de l'usine ou sur le plus proche chantier multimodal.

Il y a certainement des trafics routiers qui pourraient venir au combiné grâce à cette facilité de stockage en UTI que la route ne saurait offrir autrement que par le biais de l'entreposage.

CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons défini notre champ d'étude après avoir examiné les divers modes de transport intérieur de fret à longue distance. La principale concurrence s'exerce entre le transport combiné et le transport routier.

Nous avons montré dans ce chapitre la complexité du problème du choix modal et de nombreux facteurs pouvant jouer un rôle déterminant, tels que le prix (ou le coût), le temps, la distance, la fiabilité, la sécurité, etc. Nous avons pu constater qu'au cours de ces dernières années, avec l'apparition du phénomène logistique, les chargeurs privilégiaient la qualité de service au prix de transport qui, auparavant, était le critère le plus décisif de choix modal.

Nous avons analysé également les besoins des utilisateurs du transport combiné et confirmé le bien-fondé du choix des facteurs ci-dessus tant pour les transporteurs que pour les chargeurs.

L'avantage macro-économique du transport combiné est indéniable et présente un grand intérêt pour l'avenir.

**CHAPITRE 2 L'ETAT DE L'ART DES OUTILS D'ANALYSE
AU CHOIX DU MODE DE TRANSPORT**

INTRODUCTION

La modélisation de la demande du transport fait l'objet de travaux importants depuis longtemps. De nombreux modèles de demande ont été mis au point, développés puis utilisés afin de prévoir les flux de trafic, et la demande en cas de modification de l'offre.

L'analyse de la demande consiste à formaliser des processus de choix à l'aide de modèles mathématiques pour pouvoir tirer les conséquences d'une modification de l'offre. En fait, pour les décideurs et les entreprises du transport, il est très important d'adapter, dans la concurrence inter et intra-modale de plus en plus exacerbée, l'offre à la demande de transport, le niveau de service au volume des échanges désirés.

Un modèle de demande de transport doit se composer donc, des données, des variables explicatives, et des équations correspondantes qui décrivent de manière quantitative les relations entre données et variables.

Dans la présentation qui suit, nous ne distinguons pas ici les modèles de demande en transport de marchandises et ceux en transport de voyageurs. En effet, la plupart des modèles mis au point pour prévoir la demande de transport de voyageurs peuvent être transposés au transport de marchandises (Merlin P., 1991, p. 323). Par conséquent, l'importance du temps est liée aux produits à transporter et la notion de confort est remplacée par celle de sécurité, de flexibilité, de régularité et de disponibilité du transport.

Toutefois, les modèles de demande en transport de marchandises sont beaucoup moins développés et les raisons en sont multiples (Quinet E., 1991, p. 64) :

- manque de données pertinentes ;
- insuffisance de précision des données existantes ;

— difficulté à modéliser le comportement de l'entrepreneur en matière de transport.

Pour Merlin (1991, p. 324), une raison supplémentaire serait :

— la diversité et la complexité de la demande (en terme de biens à transporter, de trajets à effectuer, de clients, etc.).

Les modèles en transport de marchandises sont rares, à l'heure actuelle. Notre recherche a pour objet, d'une part, d'identifier l'état de l'art des modèles existants, d'autre part, de les appliquer dans le cadre de la modélisation du choix modal entre le transport combiné et le transport routier.

Bien que l'on puisse construire différents modèles, selon les problèmes à résoudre en matière de transports, chaque modèle doit s'appuyer sur une théorie classique et largement acceptée de la demande de transports. Puisque les transports constituent un secteur de l'économie, il est tout à fait logique d'appliquer les théories économiques existantes (micro et macro économiques) à ce secteur, tout en tenant compte de ses caractéristiques propres, dont l'élément spatial est celui qui pose le plus de problème.

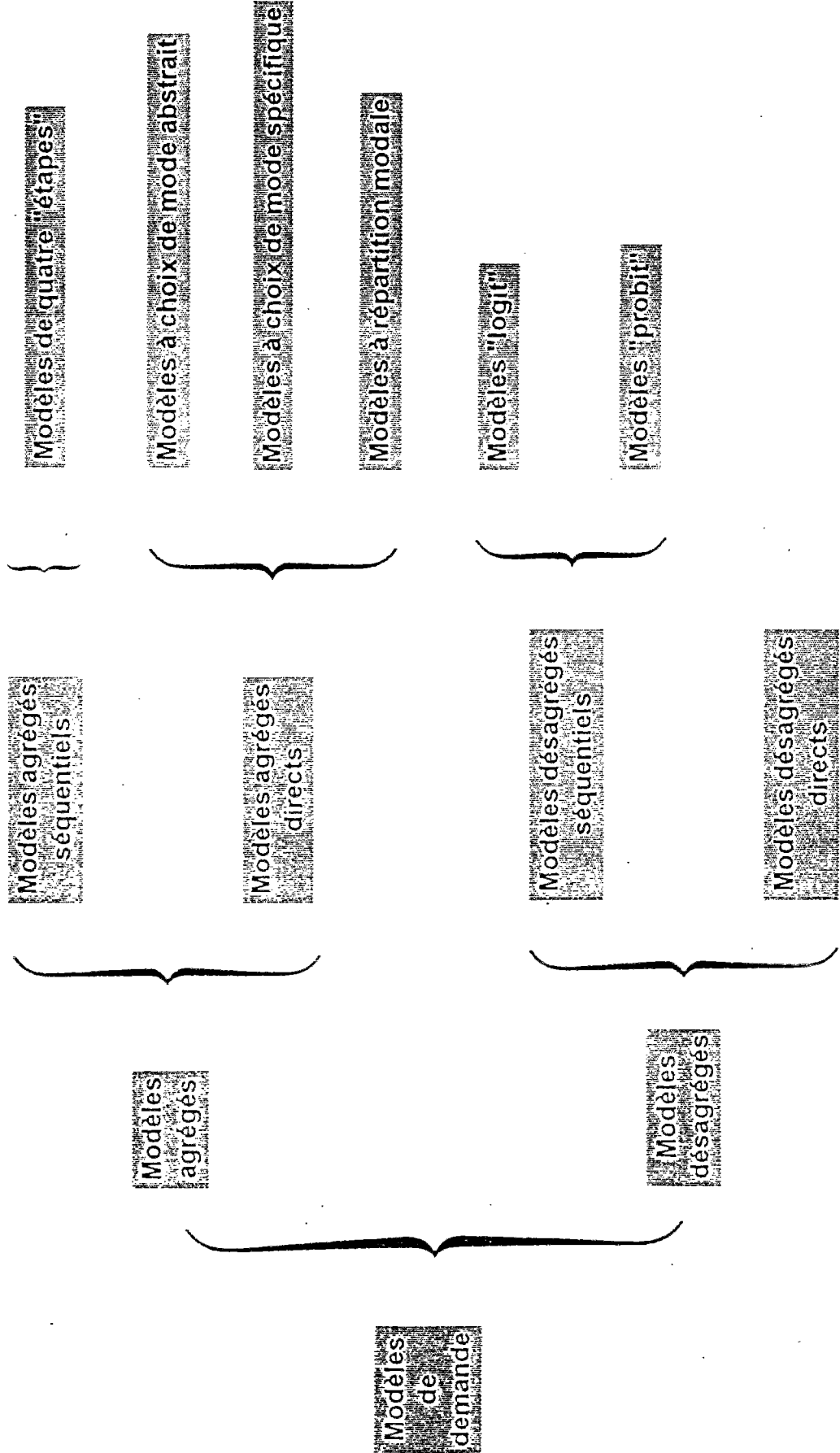
Avant de présenter les principaux modèles existants, il nous a fallu chercher une classification apte à synthétiser les différents aspects de recherche. Il est toutefois très difficile de les classer de façon simple car de nombreux auteurs ont fourni des classifications différentes. Comme tous les modèles économétriques, ceux qui traitent des problèmes de transport sont étroitement liés aux données disponibles. Winston (1983) les a distingués par les modèles agrégés et désagrégés. On parlera de modèles agrégés lorsque le critère n'est pas un critère de comportement (par exemple, les parts de trafic observées) et de modèles désagrégés dans le cas contraire. Cette classification nous paraît mieux refléter les modèles de la demande du transport. Chacun de ces modèles se distingue, en plus, en modèles directs et en modèles séquentiels.

- lorsqu'un modèle traite simultanément dans une seule équation de deux ou plusieurs aspects de la demande, on parle de modèles directs ;
- lorsqu'on utilise une équation pour traiter chaque aspect successivement on parle de modèles séquentiels.

On peut donc retenir quatre types de modèles dont la classification selon chaque niveau de précision a été résumée dans la figure 2-1.

En conclusion, on remarque, dans la plupart des modèles ci-dessus, que c'est le problème de la répartition modale qui est le mieux traité. C'est d'ailleurs l'aspect le plus important dans la perspective d'une concurrence entre les modes de transport.

Figure 2-1 : Classification de modèles de demande



2.1 - Les modèles agrégés

2.1.1 - Hypothèses fondamentales

A. - La notion de mode abstrait

La notion de mode abstrait est apparue dans la littérature économique des transports à la suite d'un article de Quandt et Baumol (1966), portant sur la simulation de la répartition modale du Northeast Corridor Transportation Project aux Etats-Unis. Le but de la nouvelle approche est de construire des modèles qui intègrent sans difficulté les nouveaux modes de transport susceptibles d'apparaître à la suite des progrès technologiques.

Quandt et Baumol dans leur analyse n'appellent plus les différents modes de transport par leur nom : train, voiture, avion, etc. ; ils veulent que chaque mode soit uniquement caractérisé par un vecteur d'attributs qu'il fournit à l'utilisateur, indépendamment de la technologie utilisée.

Un mode abstrait se caractérise donc par un ensemble de variables qui affectent le désir d'utilisation de ce mode. Citons parmi ces caractéristiques : le niveau de service, le coût ou le prix, la sécurité, la fréquence de service et la distance, etc.

L'originalité principale de cette théorie consiste donc à définir un mode de transport par ses caractéristiques ; le nom du mode n'a plus aucune importance dans le choix de l'utilisateur. Cela implique, selon la terminologie des auteurs, que les utilisateurs n'effectuent leur choix qu'en comparant les performances de chaque mode pour chaque caractéristique.

B. - La notion de concurrence modale

Tous les modes de transport sont concurrents entre eux sur la base de leurs caractéristiques. Ce postulat est transcrit en termes d'élasticités : les élasticités directes de la demande de chacun

des modes doivent être négatives tandis que les élasticités croisées doivent être non négatives ; autrement dit, si un changement accroît la demande d'un mode dans l'une des caractéristiques, les autres demeurant constantes, la demande pour les autres modes ne peut s'accroître.

2.1.2 - Les modèles agrégés à répartition modale

L'hypothèse centrale propose que le changement dans la part d'un mode à la suite d'une modification dans l'une des variables explicatives est proportionnel à la part de ce mode et à une fonction linéaire ou non linéaire des parts des autres modes.

A. - Formulation générale

Supposons que la fonction de l'utilité modale ³ d'un mode de transport **m** soit une fonction des caractéristiques du mode exprimées par les variables explicatives $x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mp}$, linéaires ou non linéaires.

La fonction en termes d'utilité modale mesurée par U_m , sans perte de généralité, s'écrit donc :

$$U_m = \alpha_{m0} + \sum_{p=1}^p \beta_{mp} (x_{mp} + \mu_p)^{(\lambda_p)}$$

On suppose maintenant qu'il existe plusieurs modes de transport, la part de marché du mode **m**, nommée S_m , parmi l'ensemble de k modes considérés est un rapport entre la fonction d'utilité U_m et la somme de la fonction d'utilité des modes 1, 2, ..., k , c'est-à-dire,

³Cette notion est apparue dans Mc LYNN et T. WORONKA, "Passenger demand and modal split models", Arthur Young and Co., 1969.

$$S_m = \frac{U_m}{\sum_{m=1}^k U_m}$$

Nous obtenons un modèle général de la répartition plurimodale, en utilisant la transformation de Box-Tuey, étudiée en premier par Anscombe et Tukey (1954), dont la formulation est :

$$(z+\mu)^\lambda = \begin{cases} \frac{(z+\mu)^\lambda - 1}{\lambda} & \text{si } \lambda \neq 0 \text{ et } z+\mu > 0 \\ \text{Log}(z+\mu) & \text{si } \lambda = 0 \text{ et } z+\mu > 0 \end{cases}$$

où

Z représente une variable.

Les transformations de Box-Cox (1964) s'obtiennent en posant $\mu = 0$, soit :

$$z^{(\lambda)} = \begin{cases} \frac{z^\lambda - 1}{\lambda} & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \text{Log } z & \text{sinon} \end{cases}$$

En fait, nous appliquons ici ces transformations aux variables dépendantes et indépendantes.

Définissons alors qu'il existe deux vecteurs :

$$\lambda = (\lambda_s, \lambda_1, \dots, \lambda_p)$$

$$\mu = (\mu_s, \mu_1, \dots, \mu_p)$$

Des valeurs particulières des paramètres associés aux transformations λ et μ permettent de trouver les formes spécifiques usuelles. En plus, l'estimation des paramètres associés aux transformations permet de laisser les données déterminer une forme "optimale" ou, plus précisément, de comparer la forme estimée à une forme suggérée par la théorie.

Par suite, la forme générale de l'équation à répartition modale s'écrit :

$$(S_m + \mu_s)^{\lambda_s} = \frac{\exp \left[\alpha_{m0} + \sum_{p=1}^p \beta_{mp} (x_{mp} + \mu_p)^{(\lambda_p)} \right]}{\sum_{m=1}^k \exp \left[\alpha_{m0} + \sum_{p=1}^p \beta_{mp} (x_{mp} + \mu_p)^{(\lambda_p)} \right]}$$

Une première simplification consiste à prendre $\mu_s = 0$ et $\lambda_s = 1$.

On a abouti au modèle suivant :

$$S_m = \frac{\exp \left[\alpha_{m0} + \sum_{p=1}^p \beta_{mp} (x_{mp} + \mu_p)^{(\lambda_p)} \right]}{\sum_{m=1}^k \exp \left[\alpha_{m0} + \sum_{p=1}^p \beta_{mp} (x_{mp} + \mu_p)^{(\lambda_p)} \right]}$$

Alors, l'élasticité propre de la part de marché S_m par rapport à la variable x_{mp} vaut :

$$e_{mp} = \left(\frac{\partial S_m}{\partial x_{mp}} \right) \left(\frac{x_{mp}}{S_m} \right)$$

Le calcul donne :

$$e_{mp} = \beta_{mp} (x_{mp} + \mu_p)^{(\lambda_p-1)} x_{mp} (1 - S_m)$$

Etudions quelques cas particuliers :

- Si $\mu_p = 0$, $\lambda_p = 0$ et $\beta_{mp} = \beta_p$; on obtient **le modèle log-linéaire**, qui est la partie relative au partage modal dans le modèle de Mc LYNN (1965), sa forme s'écrit :

$$S_m = \frac{(\exp \alpha_{m0}) \prod_{p=1}^P (x_{mp})^{\beta_p}}{\sum_{m=1}^k (\exp \alpha_{m0}) \prod_{p=1}^P (x_{mp})^{\beta_p}}$$

et l'élasticité s'exprime par :

$$e_{mp} = \beta_p (1 - s_m)$$

— Si $\mu_p = 0$, $\lambda_p = 1$ et $\beta_{mp} = \beta_p$; on obtient le modèle "logit" standard :

$$S_m = \frac{\exp \left[\alpha_{m0} + \sum_{p=1}^P \beta_p x_{mp} \right]}{\sum_{m=1}^k \exp \left[\alpha_{m0} + \sum_{p=1}^P \beta_p x_{mp} \right]}$$

et l'élasticité s'exprime par :

$$e_{mp} = \beta_p x_{mp} (1 - s_m)$$

— Si $\mu_p = 0$, et $\beta_{mp} = \beta_p$; c'est le modèle "logit" avec la transformation de Box-Cox :

$$S_m = \frac{\exp \left[\alpha_{m0} + \sum_{p=1}^P \beta_p (x_{mp})^{(\lambda_p)} \right]}{\sum_{m=1}^k \exp \left[\alpha_{m0} + \sum_{p=1}^P \beta_p (x_{mp})^{(\lambda_p)} \right]}$$

et l'élasticité s'exprime par :

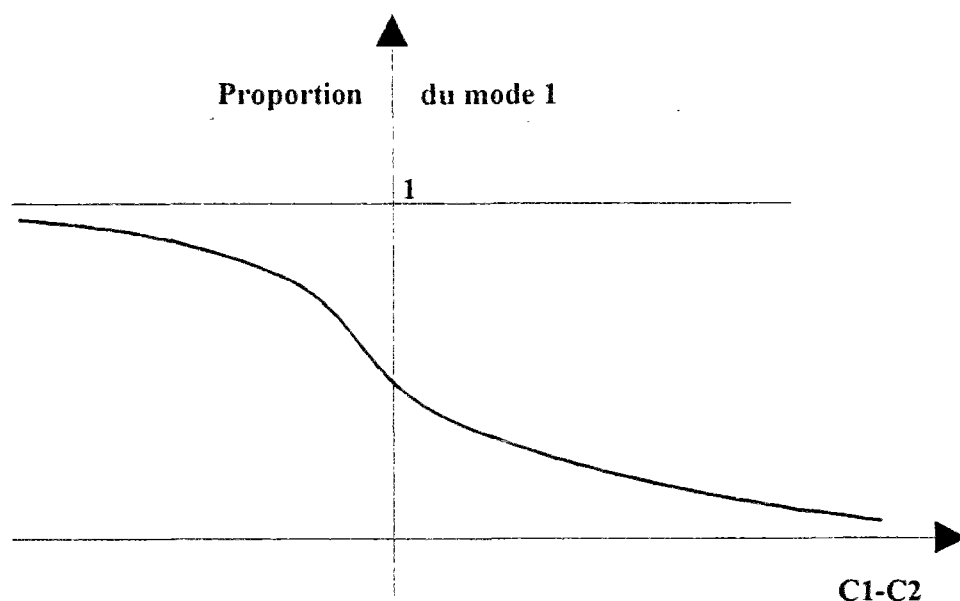
$$e_{mp} = \beta_p x_{mp}^{\lambda_p} (1 - s_m)$$

B. - Le cas du choix bi-modal

1. - La notion de modèle zonal ⁴

Le modèle agrégé à répartition bi-modale est un cas particulier où seulement deux modes de transport ont été pris en compte. Dans ce modèle, on cherche à expliquer la part de marché par le mode 1 (vis-à-vis du mode 2) en fonction de la différence des coûts généralisés entre les deux modes concurrents. Les lois qu'on veut établir ont l'allure logistique suivante (figure 2-2).

Figure 2-2 : La courbe du modèle "logit" zonal



⁴La notion de modèle zonal apparaît dans les travaux de Quinet E., 1990. En fait, c'est une courbe d'affectation entre les deux modes qui s'exprime par la proportion d'un mode en fonction de variables explicatives utilisées (par exemple le coût généralisé).

2.- Formulation

Mathématiquement, la forme de modèle s'écrit :

$$dS_1 = \beta S_1 S_2 dx$$

où :

S_1 représente la part de marché du mode 1 ;

S_2 la part du mode 2 ;

β est le coefficient à estimer.

S_1 et S_2 sont liés par la relation $S_1 + S_2 = 1$, on peut alors écrire :

$$\frac{dS_1}{S_1(1-S_1)} = \beta dx$$

L'intégration de cette fonction différentielle conduit à :

$$S_1 = \frac{1}{1 + \exp(-\beta x - \alpha)}$$

C. - Méthode de l'estimation des paramètres

Dans tous les modes 1, 2, ..., m, choisissons un mode de référence r.

Alors :

$$\text{Log}\left(\frac{S_m}{S_r}\right) = \alpha_{m0} + \sum_{p=1}^p \beta_{mp} \left[(x_{mp} + \mu_p)^{(\lambda_p)} - (x_{rp} + \mu_p)^{(\lambda_p)} \right]$$

qui possède une forme linéaire beaucoup plus facile à exploiter.

L'estimation du modèle se fait par ajustement sur les flux actuels, en utilisant la méthode des moindres carrés. Le calibrage du modèle nécessite de connaître pour plusieurs couples origine-destination la part de marché de chaque mode et les variables explicatives qui le concernent.

Posons :

$$\hat{Y}_m = \text{Log}\left(\frac{S_m}{S_r}\right) \text{ et } Y_m = \text{Log}\left(\frac{T_m}{T_r}\right)$$

où T_m et T_r sont les parts réelles de trafic des modes m et r .

Posons : $e = Y_m - \hat{Y}_m$.

Si on fait N observations, le problème de régression multiple se réduit dans ce cas à minimiser :

$$\sum_{i=1}^N (e_i)^2.$$

2.2 - Les modèles désagrégés

Ces modèles, basés sur les fonctions d'utilité des consommateurs, sont les plus aptes à saisir les phénomènes de comportement des usagers. Chaque décision est perçue ici comme un choix entre plusieurs options. A la différence des modèles agrégés aucune contrainte n'est imposée, il s'agit au contraire d'observer à quelle cohérence répond le comportement transcrit par le modèle. Ils peuvent servir aussi à déterminer la répartition modale.

Les principes de modèles désagrégés partent des choix individuels : l'information de base n'est plus le flux de trafic mais le comportement de l'individu. Le but est de déterminer une probabilité de choix en fonction des caractéristiques de l'expédition et de l'offre de transport.

2.2.1 - Hypothèses de base

A - La théorie micro-économique du consommateur

La théorie micro-économique du consommateur, au sens où cette expression est prise ici, se résume à un problème mathématique de maximisation sous contrainte. Sous sa forme la plus simple, il s'agit de maximiser la satisfaction de l'usager. Celui-ci est supposé capable d'émettre des préférences stables et cohérentes entre les paniers de biens qui lui sont présentés, sa satisfaction croissant avec la quantité des biens disponibles. Il est soumis à la contrainte de ne pouvoir acheter plus de biens, compte tenu de leurs prix supposés fixes, que ne le lui permet son revenu. En termes mathématiques (Quinet E. et Hamel Z., 1984) :

$$\begin{aligned} &\text{Max } S(q_1, \dots, q_n) \\ &\sum p_i q_i \leq R. \end{aligned}$$

Les hypothèses sur les mécanismes du comportement individuel sont issues de l'approche micro-économique du consommateur appliquée à une série de choix discrets (dans notre exemple, choix entre le mode i et le mode j).

Dans la théorie du comportement du consommateur s'avère la nécessité de désagréger les données et la modélisation des trafics au niveau de l'utilisateur, parce que les décisions concernant le transport sont souvent prises individuellement.

A chaque possibilité de choix i est associée une fonction d'utilité qui est sensée traduire le "niveau de satisfaction" que procure à l'utilisateur n le choix de i : U_{in} .

Placé devant plusieurs possibilités, l'utilisateur choisit celle qui le satisfait le mieux, c'est-à-dire celle pour laquelle l'utilité est la plus grande. L'utilisateur n choisit le mode i si et seulement si :

$$U_{in} > U_{jn}$$

où U_{in} et U_{jn} sont respectivement les utilités de l'utilisateur n par rapport aux alternatives i et j .

B. - Hypothèses d'ordre mathématique ou statistique

1. - Calcul de probabilité de choix

En fait, il est impossible de calculer exactement la fonction d'utilité individuelle ; on est donc conduit à considérer que cette fonction est une variable aléatoire de la forme :

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in}$$

où :

- V_{in} est connu et fonction à la fois des caractéristiques de l'individu et de l'attribut de mode i (par exemple pour un mode de transport : temps de parcours, prix ou coût...);
- ε_{in} est une variable aléatoire de valeur inconnue. Le caractère aléatoire de cette variable traduit les incertitudes de mesure de la fonction d'utilité, provenant notamment : des incertitudes de mesure des caractéristiques de l'utilisateur et de l'éventualité considérée ; de l'omission de certaines variables non mesurables ou difficilement mesurables ; de la mauvaise connaissance par l'utilisateur lui-même des solutions alternatives.

Le caractère aléatoire de la fonction d'utilité fait qu'au lieu de prévoir quel choix fera l'utilisateur, le modèle donnera la probabilité dont il dispose. En reprenant l'exemple ci-dessus, l'affirmation "l'utilisateur n choisira le mode i si et seulement si $U_{in} > U_{jn}$ " devient alors :

La probabilité $P_n(i)$ pour que l'utilisateur n choisisse le mode i est égale à la probabilité que U_{in} soit supérieur à U_{jn} :

$$P_n(i) = P_n(U_{in} > U_{jn}) = P_n(V_{in} + \varepsilon_{in} > V_{jn} + \varepsilon_{jn})$$

$$\Rightarrow P_n(i) = P_n(\varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in} < V_{in} - V_{jn})$$

où :

- $P_n(i)$: est la probabilité de l'individu n qui choisit le mode i ;
- ε_{jn} ont des distributions de probabilités identiques et indépendantes, (Hypothèse IID : independant and identically distribued dans la littérature anglo-saxonne). La probabilité $P_n(i)$ sera donc uniquement fonction des différences $V_{in} - V_{jn}$.

Deux hypothèses supplémentaires sont nécessaires pour calculer la probabilité du choix :

- la première concernant la forme de V_{in}

Généralement, la forme fonctionnelle de l'utilité standard est une forme linéaire :

$$U_{in} = \beta_{0i} + \sum_{k=1}^k \beta_k X_{ink} + \varepsilon_{in}$$

où :

X_{ink} sont des variables concernant les caractéristiques à la fois : de l'individu, et de la possibilité de choix considérée (pour un mode de transport : temps de parcours, coût ou prix, etc.) et les β_k des paramètres à déterminer.

Dans ces variables X_{ink} peuvent être prises en compte, à la fois, les variables qualitatives qui sont exprimées sous forme de "note" ou de suite de "notes" de valeur 0 ou 1 (dummy variable en anglo-saxon), et les variables quantitatives.

Les travaux récents montrent qu'il peut être avantageux de tenir compte de la non-linéarité de l'utilité par rapport à certaines variables. Une solution élégante consiste à introduire une ou des transformations de Box-Cox. La forme sera transmise :

$$U_{in} = \beta_{0i} + \sum_{k=1}^k \beta_k X_{ink}^{(\lambda_k)} + \varepsilon_{in}$$

2. - Distribution statistique de la variable aléatoire ε_{in}

Le calcul de $P_n(i)$ selon la formule

$$P_n(i) = P_n(\varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in} < V_{in} - V_{jn})$$

ne peut se faire que si on connaît ou si on fait des hypothèses sur la distribution statistique de la variable aléatoire $(\varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in})$. Avec des hypothèses sur la loi des ε_{in} , pour la commodité des

calculs, on suppose, lorsqu'ils suivent une loi de Gumbel⁵, on conduira au modèle "logit" ; lorsqu'ils suivent une loi Normale, on obtiendra le modèle "probit".

2.2.2 - Les modèles et leur méthode de calibration

A. - Le modèle logit

1.- La notion de données binaires

Supposons qu'on ait pour chaque individu, une observation susceptible de prendre l'une ou l'autre de deux formes possibles. S'il est possible de représenter par une variable aléatoire Y_i l'observation, ou réponse, relative au i^{e} individu. Nous pouvons donc coder les deux valeurs de Y_i par 1 ou 0 et écrire :

$$\text{prob}(Y_i = 1) = \theta_i ;$$

$$\text{prob}(Y_i = 0) = 1 - \theta_i.$$

Il est souvent commode d'appeler "succès" l'événement $Y_i = 1$ et "défaillance" l'événement $Y_i = 0$, et il est convenu d'appeler binaires de telles observations. Nous distinguons donc entre variables de réponse et variables explicatives, les variables du second type étant utilisées pour expliquer ou prévoir une variation dans les variables du premier type.

Nous admettons que de telles observations binaires sont disponibles sur N individus, habituellement supposés indépendants. Le problème consistera à établir la dépendance de θ_i par rapport à des variables explicatives introduites.

⁵ Distribution de Gumbel : une variable aléatoire ε présente une distribution de Gumbel de paramètres μ et η si le cumul de sa densité de probabilité s'exprime par la formule :

$$F(\varepsilon) = e^{-e^{-\mu(\varepsilon - \eta)}} \quad \mu > 0$$

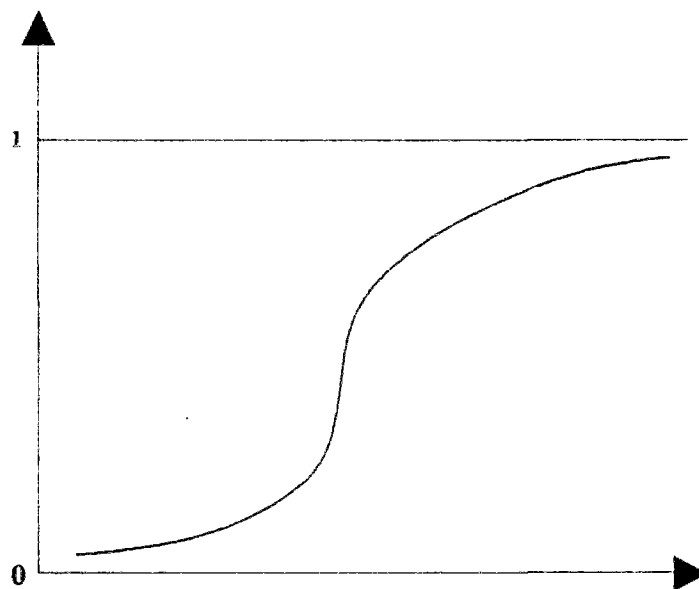
Nous allons maintenant l'appliquer à la problématique du choix du mode de transport, en l'occurrence d'un choix entre le transport combiné, nommé mode 1 et le transport routier, nommé mode 2.

2. - La formulation générale

Deux hypothèses fondamentales du modèle logit, on suppose que :

- la relation entre la probabilité de choisir un mode de transport et les variables explicatives (linéaire ou non linéaire) soit de forme sigmoïde.
- la fonction de probabilité logistique a une forme symétrique par rapport à son point d'inflexion comme la courbe cumulative de la loi de Gauss (Figure 2-3).

Figure 2-3 : La courbe logistique



Si nous appelons P_1 la probabilité qu'un usager (chargeur, entreprise, etc.) choisisse le mode 1, la forme générale de la probabilité dans le modèle logit s'écrit alors,

$$P_1 = \frac{e^{G[X]}}{1 + e^{G[X]}} \quad (2.1)$$

et

$$P_2 = 1 - P_1 = \frac{1}{1 + e^{G[X]}} \quad (2.2)$$

où :

- $G[X]$ est un vecteur d'une combinaison des variables affectant le choix modal ou une transformation de ces variables.

Les équations (2.1) et (2.2) sont équivalentes à l'expression suivante

$$\lambda_1 = \text{Log} \left(\frac{P_1}{1 - P_1} \right) = G(X) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k$$

et

$$\text{Logit } P_1 = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad (2.3)$$

Nous appelons transformée logistique de la probabilité P_1 , la quantité $\lambda_1 = \text{Log} [(P_1/(1-P_1))]$ et modèle logistique linéaire l'équation (2.3).

3. - Méthode de calibration

L'estimation des coefficients $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ repose sur la méthode du Maximum de Vraisemblance (MV).

Supposons qu'on ait un échantillon de N usagers indépendants dont N_1 ont pris le mode 1 et dont $N_2 = N - N_1$ ont pris le mode 2. Nous connaissons les valeurs observées de chacune des variables explicatives $x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}$ et d'une variable dépendante binaire Y_i qui le concernent.

Afin de faciliter les calculs, il est nécessaire d'ordonner les usagers de telle manière que les N_1 premières observations concernent uniquement les usagers qui ont pris le mode 1 et les $N-N_1$ autres observations concernent uniquement les usagers qui ont pris le mode 2.

Dans ces conditions, à l'aide des valeurs observées de chacune de variables explicatives, la vraisemblance (ou la probabilité) de la variable dépendante étant $Y_i = 1$ (mode 1) est une fonction des paramètres à estimer $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$, s'écrit :

$$L_{Y_i=1}(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki})}}$$

La vraisemblance (ou la probabilité) de la variable dépendante étant $Y_i = 0$ (mode 2) s'écrit alors :

$$L_{Y_i=0}(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k) = 1 - L_{Y_i=1} \quad (2.4)$$

Comme les Y_i ne pouvant prendre que les valeurs 0 et 1, la vraisemblance de la i^e observation donnée, s'écrit :

$$L_i(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k) = L_{Y_i=1}^{Y_i} L_{Y_i=0}^{(1-Y_i)} \quad (2.5)$$

L'équation (2.4) remplace l'équation (2.5), s'écrit :

$$L_i(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k) = L_{Y_i=1}^{Y_i} (1 - L_{Y_i=1})^{(1-Y_i)} = \left(\frac{L_{Y_i=1}}{1 - L_{Y_i=1}} \right)^{Y_i} (1 - L_{Y_i=1})$$

Cette équation représente la vraisemblance de la i^e observation $(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki} | Y_i)$.

Supposons N observations indépendantes, la probabilité de l'ensemble d'individus est donc obtenue par une factorielle de la probabilité de chaque individu observé.

La fonction de vraisemblance pour l'ensemble de l'échantillon (en abrégé L) est donc égale à :

$$L(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k) = \prod L_i$$

$$L(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k) = \prod \left(e^{\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki}} \right)^{Y_i} \left(\frac{1}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki}}} \right)$$

La méthode du MV consiste à retenir les estimateurs qui maximisent la probabilité d'obtenir les valeurs de l'échantillon, c'est-à-dire qui maximisent la fonction de vraisemblance.

Dans la pratique, il est plus facile de maximiser le logarithme de la vraisemblance, car les paramètres $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$, maximisent la vraisemblance L en même temps que celle de $\text{Log } L$.

On pose donc :

$$\Lambda = \text{Log } L(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k) = \sum Y_i (\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki}) - \sum \text{Log} (1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki}})$$

La fonction du logarithme de la vraisemblance Λ est non-linéaire en fonction des paramètres $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$, à estimer. Les estimateurs du maximum de vraisemblance sont obtenus lorsque Λ est maximum. Les conditions nécessaires passent par un maximum pour les valeurs des paramètres qui annulent les dérivées partielles premières.

$$\Lambda_j = \frac{\partial \Lambda}{\partial \beta_j} = 0$$

$$j = 1, 2, \dots, k$$

Nous avons obtenu des équations qui ne sont pas linéaires, nous allons donc avoir recours à la méthode itérative telle que la méthode de Newton-Raphson pour calibrer ces paramètres.

B. - Le modèle "probit"

1. - Hypothèses

L'analyse probit est un instrument qui peut être utilisé pour estimer la relation entre une variable dépendante binaire et un ensemble de variables explicatives.

Le modèle probit suppose que ε_{in} et ε_{jn} sont chacun distribués selon une loi normale centrée de variance respective σ_i^2 et σ_j^2 , étant définie par :

$$\sigma^2 = \sigma_i^2 + \sigma_j^2 - 2\sigma_i\sigma_j$$

Nous l'écrirons symboliquement sous la forme :

$$P_n(i) = \Phi\left(\frac{V_{in} - V_{jn}}{\sigma}\right) \text{ avec } \Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

où :

Φ est la distribution cumulée de la fonction de Gauss normalisée (moyenne 0, variance 1).

La forme générale du modèle probit peut alors s'écrire :

$$P_1(X_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{G(X_j)} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

où :

- $P_1(X_j)$ est la probabilité qu'un usager j caractérisé par le vecteur X_j de variables explicatives prenne le mode 1 ;
- $G(X_j)$ est une combinaison linéaire ou non-linéaire de variables explicatives telle que :

$$G(X_j) = \beta_0 + \beta_1 x_{1j} + \beta_2 x_{2j} + \dots + \beta_k x_{kj}$$

Le problème est maintenant de trouver les estimations des coefficients $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ de la fonction $G(X_j)$.

2. - La méthode de calibration

L'estimation des paramètres $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ repose sur la méthode du Maximum de Vraisemblance (MV).

Nous savons que nous disposons d'un échantillon de N usagers et nous savons, pour chacun de ces usagers, s'il prend le mode 1 ou le mode 2. Nous connaissons la valeur de chacune des variables explicatives qui le concernent.

Afin de faciliter les calculs, il est nécessaire d'ordonner les usagers de telle manière que les N_1 premières observations concernent uniquement les personnes qui ont pris le mode 1 et les $N-N_1$ autres observations concernent uniquement les personnes qui ont pris le mode 2. La fonction de vraisemblance de l'échantillon (en abrégé L) est égale à :

$$L(x_j, \beta_j) = \prod_{j=1}^{N_1} P_1(X_j) \prod_{j=N_1+1}^N [1 - P_1(X_j)]$$

Cela signifie que si les valeurs d'un échantillon proviennent de N tirages indépendants pour lesquels $g(X_j)$ est la fonction de densité de la variable X_j , la fonction de vraisemblance donne la densité de probabilité d'obtenir cet ensemble de valeur.

La méthode du MV consiste à retenir les estimateurs qui maximisent la probabilité d'obtenir les valeurs de l'échantillon c'est-à-dire qui maximisent la fonction de vraisemblance.

$$L = L(x_j, \beta_j) = \prod_{j=1}^{N_1} \int_{-\infty}^{g(x_j)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \prod_{j=N_1+1}^N \int_{g(x_j)}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

Dans la pratique, il est plus facile de maximiser le logarithme de la vraisemblance :

On pose alors :

$$\Lambda = \text{Log } L = \sum_{j=1}^{N_1} \text{Log} \int_{-\infty}^{g(x_j)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt + \sum_{j=N_1+1}^N \text{Log} \int_{g(x_j)}^{+\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

Cette fonction passe par un maximum pour les valeurs des paramètres qui annulent les dérivées partielles premières.

$$\Lambda_j = \frac{\partial \Lambda}{\partial \beta_j} = 0, \quad \forall j = 1, \dots, k$$

Mais dans aucun cas on ne parvient à des équations linéaires en fonction des paramètres. Nous avons donc eu recours à la méthode itérative de Newton-Raphson pour obtenir ces paramètres.

En conclusion :

Ces deux types de modèles désagrégés donnent des résultats numériques très voisins. Le modèle "probit" qui présente l'assise théorique la plus solide. Toutefois c'est le modèle "logit" qui est le plus utilisé :

- sa simplicité de formulation mathématique est facile à manipuler pour des calculs "à la main" ;
- le modèle s'applique sous la même forme quel que soit le nombre de choix possibles pour l'utilisateur. Si l'utilisateur a m possibilités de choix, la probabilité pour qu'il choisisse la solution i s'exprime par :

$$P_n(i) = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j=1}^m e^{V_{jn}}}$$

Ce modèle suppose que ε_{in} et ε_{jn} sont deux variables indépendantes présentant la même distribution statistique (indépendance des variables et identité des distributions). Ces deux hypothèses sont des contraintes fortes qui déterminent le domaine de validité du modèle.

2.2.3 - Deux applications au transport de marchandises

A. - Le modèle du MIT⁶

L'objectif de ce modèle de demande développé par le MIT est de permettre d'analyser les réactions de la demande en transport de marchandises à une modification de l'offre. Afin de refléter le comportement des entreprises, qui sont les unités de décision en transport de marchandises, ce modèle est désagrégé ; il simule le comportement de chaque entreprise et les variables d'entrée (variables explicatives) sont sensées représenter les aspects économiques que l'entreprise prend effectivement en considération dans ses choix logistiques.

1. - La formulation

Cette étude repose sur un modèle désagrégé de type logit dans lequel la probabilité pour une entreprise de choisir le mode m et des envois de taille q est de la forme :

$$P(m, q) = \frac{e^{\mu W(m, q)}}{\sum_{m', q'} e^{\mu W(m', q')}}$$

où

$W(m, q)$ est la fonction qui mesure l'utilité de l'alternative (m, q) parmi l'ensemble des alternatives (m', q') possibles. Cette fonction se présente sous la forme :

$$W(m, q) = \sum_{j=1}^9 \beta_j X_j + \alpha_{m, q}$$

où

⁶Cette partie est inspirée d'une brève présentation du modèle de Rizet C., "Un modèle de répartition modale dans le transport de marchandises", RTS, 1984. On trouve les travaux complets dans Chiang Y.-S. et coll. 1981.

les six premières variables X_j représentent les coûts logistiques de l'alternative m,q :

- transport et manutention ;
- immobilisation durant le transport (lié à la vitesse) et durant le stockage (lié à la fréquence des envois) ;
- pertes et dommages durant le transport ;
- passation des commandes et perte de valeur durant le transport ;
- le stockage (pour les marchandises périssables).

Les trois dernières variables X_j ($j = 7$ à 9) représentent d'autres variables que les coûts logistiques de l'alternative :

- la distance ;
- la valeur des marchandises ;
- la quantité annuelle commandée par l'entreprise.

2. - Données

Les données nécessaires pour alimenter ce modèle sont très nombreuses :

- caractéristiques de l'offre de transport, pour chaque relation origine-destination, pour chaque alternative et chaque produit ;
- caractéristiques des produits transportés (valeur et durée de vie) ;
- caractéristiques des entreprises (quantité annuelle commandée par l'entreprise).

Le MIT a dû les estimer pour un échantillon de 1924 expéditions tiré des statistiques américaines de trafic, afin d'être en mesure d'ajuster et de tester le modèle.

L'utilisateur qui cherche un éclairage sur les avenir possibles est amené à s'interroger sur la fiabilité d'estimations (de trafic) réalisées à partir de données elles-mêmes estimées (caractéristiques des modes et des chargeurs). Ce problème de la pertinence des données d'entrée est commun à l'ensemble des modèles qui se veulent explicatifs. Il ne pourra être résolu que par la constitution de bases de données "observées" beaucoup plus complètes que celles qui existent actuellement.

Tableau 2-1 : Alternatives du chargeur selon le mode et le poids de l'envoi

Mode	Poids de l'envoi (en tonnes)			
	1,4	9,1	36,2	72,5
rail	groupage	ferROUTage	wagon isolé	rame
route en compte d'autrui	charge partielle	charge complète		
route en compte propre	charge partielle	charge complète		
air	colis	conteneurs	affrètement d'avion cargo	

Source : Rizet C., op. cité., RTS, 1984

3. - Résultats

Les estimations ont été réalisées par la méthode du maximum de vraisemblance, sur l'échantillon de 1924 expéditions.

Tous les coefficients β_j ont bien le signe attendu et on vérifie en particulier que les coefficients des variables de coûts logistiques sont bien négatifs. En revanche, la précision de ces coefficients est souvent faible : parmi les coûts logistiques, les seuls qui apparaissent véritablement significatifs sont les coûts de transport et de manutention et les coûts d'immobilisation des stocks.

D'autres résultats concernent les effets connus de la répartition modale qui sont liés aux coefficients β_j ($j = 7$ à 9) :

- diminution de la part de marché du transport routier en compte propre en fonction de la distance ;
- augmentation de la part de marché du transport aérien en fonction de la valeur des marchandises ;
- augmentation de la part de marché du chemin de fer en fonction de la quantité annuelle commandée par l'entreprise.

L'intérêt de l'approche développée par le MIT est de lier clairement le choix des entreprises à une estimation détaillée de l'ensemble de ses coûts logistiques.

B. - Le modèle de l'Université de Montréal⁷

Divers modèles logit linéaire ont été développés dans le cadre d'analyse du choix modal dans le domaine du transport de marchandises au cours de ces dernières années. Cependant, l'application du Box-Cox logit dans ce domaine n'a pas été trouvée selon les auteurs. Cette étude représente un premier travail qui servira de référence dans l'intérêt de notre recherche.

1. - Variables explicatives introduites

Compte tenu des problèmes liés à la collecte des données, les études agrégées dédiées à l'analyse des systèmes de transport de marchandises comportent cependant un nombre nettement plus restreint de variables.

⁷La partie qui suit est inspirée de Picard G. et coll., 1988.

Ils ont donc choisi les deux principales variables explicatives déterminantes, le coût et le temps de transport, pour estimer leur modèle. Cependant, à ce stade du travail, l'intérêt principal réside dans l'analyse des transformations de Box-Cox dans le cadre du modèle logit et non pas dans l'élaboration du meilleur outil prévisionnel qui soit.

2. - Formes fonctionnelles utilisées

Avec deux variables explicatives, la forme générale du Box-Cox logit s'écrit :

$$S_r = \frac{e^{u_r}}{e^{u_r} + e^{u_t}}$$

où :

r représente le chemin de fer ;

t représente le camionnage ;

S_r est la part estimée du chemin de fer ;

U_m est la fonction d'utilité représentative associée au mode m.

et :

$$U_r = \beta_0 + \beta_1 P_r^{\lambda_1} + \beta_2 T_r^{\lambda_2}$$

$$U_t = \beta_3 P_t^{\lambda_1} + \beta_4 T_t^{\lambda_2}$$

et la transformation de Box-Cox est :

$$x^{(\lambda)} = \begin{cases} \frac{x^\lambda - 1}{\lambda} & \text{si } \lambda \neq 0 \\ \text{Log } x & \text{sinon} \end{cases}$$

où :

— P_m représente le coût de transport par tonne par le mode m ;

— T_m représente le temps de transport par le mode m ;

— β_i est un ensemble de paramètres ;

— λ_j est un ensemble de paramètres associés à la transformation de Box-Cox.

Ils ont supposé $\beta_2 = \beta_4$ afin d'éviter tout problème de multicollinéarité entre le temps et la distance. Le modèle général de départ peut être représenté par les équations ci-dessus et sera comparé aux cinq modèles suivants pour évaluer l'impact des transformation de Box-Cox. Il est à noter que le modèle V correspond au logit linéaire conventionnel.

Tableau 2-2 : Modèles analysés

Numéro du modèle	Fonctions d'utilité représentative
I	$U_r = \beta_0 + \beta_1 P_r^{\lambda_1} + \beta_2 T_r^{\lambda_2}$ $U_r = \beta_3 P_t^{\lambda_1} + \beta_2 T_t^{\lambda_2}$
II	modèle I + $\{\beta_1 = \beta_3\}$
III	modèle I + $\{\lambda_1 = \lambda_2\}$
IV	modèle I + $\{\beta_1 = \beta_3, \lambda_1 = \lambda_2\}$
V	modèle I + $\{\beta_1 = \beta_3, \lambda_1 = \lambda_2 = 1\}$
VI	modèle I + $\{\beta_1 = \beta_3, \lambda_1 = \lambda_2 = 0\}$

3. - Résultats

L'estimation porte sur 48 catégories de marchandises pour chacun des six modèles.

Dans le but de comparer la performance du modèle I au logit linéaire conventionnel (modèle V), nous avons estimé celui-ci pour l'ensemble des biens. Le tableau suivant fait ressortir la nette supériorité du Box-Cox logit sur le logit linéaire conventionnel. En effet, le modèle non contraint s'est révélé significativement supérieur dans 77 % des cas.

Tableau 2-3 : Modèle optimal

Numéro du modèle	Fonctions d'utilité représentative	Meilleure performance	
		6 biens	48 biens
I	$U_r = \beta_0 + \beta_1 P_r^{\lambda_1} + \beta_2 T_r^{\lambda_2}$ $U_r = \beta_3 P_t^{\lambda_1} + \beta_2 T_t^{\lambda_2}$	2	37 (77%)
II	modèle I + $\{\beta_1 = \beta_3\}$	2	-
III	modèle I + $\{\lambda_1 = \lambda_2\}$	1	-
IV	modèle I + $\{\beta_1 = \beta_3, \lambda_1 = \lambda_2\}$	0	-
V	modèle I + $\{\beta_1 = \beta_3, \lambda_1 = \lambda_2 = 1\}$	1	11 (23%)
VI	modèle I + $\{\beta_1 = \beta_3, \lambda_1 = \lambda_2 = 0\}$	0	-

Bien que les études disponibles ne soient qu'en nombre limité, nous avons pu illustrer ici les deux applications intéressantes dans le cadre de la modélisation désagrégée, et qui donneront des orientations utiles pour la suite de la recherche.

La première étude, le modèle du MIT, repose sur la base des modèles désagrégés de type logit-linéaire, et vise à définir la part de chaque mode dans l'acheminement d'un volume donné de marchandises. L'intérêt du modèle tient à ce que, même pour ce choix limité, il le traite comme faisant partie d'un ensemble de précision portant non seulement sur le transport proprement dit, mais aussi sur le stockage, la manutention, la politique logistique de l'entreprise.

La deuxième étude, le modèle de l'Université de Montréal, est intéressante dans la mesure où elle a montré la supériorité apportée par le modèle logit avec l'introduction de la transformation Box-Cox par rapport à celui du logit-linéaire, ce qui explique aussi la nécessité de tenir compte de la non-linéarité de certaines variables explicatives. Toutefois, ceci rend, bien sûr, le calcul beaucoup plus lourd.

CONCLUSION

Nous avons remarqué, tout au long de ce chapitre, qu'une approche agrégée porte sur les flux de trafic d'origine et de destination, alors qu'une approche désagrégée se base sur les expéditions individuelles. Bien qu'en principe les deux approches d'analyse soient basées sur les concepts du maximum de l'utilité du mode de transport, ce sont essentiellement les types d'observations statistiques utilisées qui les différencient. Il convient de faire une synthèse des avantages et des inconvénients des deux approches.

A. - Avantages et inconvénients de l'approche agrégée

1. - Avantages

- plus expérimentée grâce aux différentes applications antérieures ;
- plus opérationnelle à partir des évaluations des flux de trafic ;
- plus facile de disposer de données statistiques.

2. - Inconvénients

- moins rationnelle et moins cohérente ;
- difficile d'intégrer un nombre élevé de variables qui permettent de mieux appréhender les comportements du choix modal.

B. - Avantages et inconvénients de l'approche désagrégée

1. - Avantages

- beaucoup plus cohérente avec l'approche théorique de décision moderne basée sur le comportement du consommateur ;
- sa sensibilité aux variations du comportement des expéditeurs face aux modifications des conditions de l'offre ;

- possibilité d'introduire un grand nombre de variables quantifiables en matière de facteurs du choix modal.

2. - Inconvénients

- manque de sources d'informations disponibles immédiates ; il faut donc avoir recours à des enquêtes spéciales, ce qui est très long et coûteux ;
- ne peut pas aboutir, directement à des flux de trafic, car on détermine, en fonction de la valeur des paramètres, non pas une décision, mais une probabilité de décision ; ceci est peu opérationnel sur le plan pratique.

C. - Notre choix des outils d'analyse

Nous venons de passer en revue les outils d'analyse de la concurrence modale et cela nous permet de choisir notre outils d'analyse pour la suite de la recherche.

Rappelons que l'objectif de cette étude est de décrire la concurrence entre le transport combiné et le transport routier dans le transport intérieur de fret.

Les avantages et les inconvénients des deux approches que nous avons distinguées ci-dessus montrent que l'emploi de modèles suppose des informations adéquates. C'est donc la disponibilité des données qui présidera essentiellement à notre choix parmi les outils d'analyse.

Nous allons donc aborder par une approche agrégée du partage modal au cas où deux modes concurrents sont considérés. La méthode utilisée est celle de régression linéaire multiple. Des modèles de régression à élaborer supposent que la part de marché du transport combiné peut être expliquée par les variables explicatives, à savoir, le prix (ou le coût), le temps, la distance pour les deux techniques concurrentes, ainsi que par les variables spécifiques de la qualité de service du transport combiné telles que les plages horaires de départ et d'arrivée et la fréquence

des acheminements. L'ensemble des données de ces variables explicatives fait l'objet d'une phase de collecte de données dont la tâche est souvent longue et fastidieuse. La variable expliquée, en l'occurrence la part de marché relation par relation, fait appel à un calcul des flux de trafic d'origine et de destination sur la trame des chantiers combinés choisis. Diverses formes de modèles telles que linéaire, log-linéaire, logistique seront comparées en appliquant la méthode de moindres carrés afin d'en choisir une qui exprime le mieux les données recensées.

Les données de l'enquête auprès des chargeurs de l'INRETS nous suggèrent une approche désagrégée du choix du mode de transport, dans le but de compléter les facteurs d'influence du choix du transport combiné par les caractéristiques de l'envoi, à savoir, le poids, la valeur, le prix, la distance, les catégories de chargeurs représentées par les codes APE. Ces variables supposent qu'elles ne sont pas neutres à l'égard du choix du transport combiné.

En raison de l'importance de l'échantillon (2899 envois), nous avons utilisé la méthode du maximum de vraisemblance pour calibrer les coefficients du modèle. Compte tenu qu'il y a peu d'écart à attendre entre le modèle probit et le modèle logit, nous n'appliquons que le modèle logit de type multi-nominal pour la suite de la recherche.

CHAPITRE 3 PREPARATION DES DONNEES ET DES VARIABLES D'OFFRE

INTRODUCTION

Pour servir les hypothèses de notre calcul, nous allons définir d'abord le réseau du transport combiné en sélectionnant les chantiers combinés les plus importants parmi ceux existants.

Nous allons ensuite calculer les matrices des trafics pour les couples quelconques du réseau tant pour le transport combiné que pour le transport routier. La notion de zone d'attraction d'un chantier combiné nous conduira à regrouper des flux vers ce chantier du réseau. Ce qui traduit la nécessité de massification des flux d'acheminement.

Les résultats du calcul permettront de déterminer l'échantillon des principales liaisons représentatives du transport combiné au plan national.

Il faut d'abord identifier les variables d'offre ferroviaire existantes qui permettent d'étudier les répercussions sur la demande.

Il nous est possible d'obtenir des données quantitatives telles que :

- le prix, le temps, la distance pour les deux modes ;
- la fréquence des acheminements, les plages horaires de départ et d'arrivée pour le transport combiné proprement dit.

L'ensemble des variables recensées conduit à la modélisation qui fera l'objet du quatrième chapitre.

3.1 - Les données caractérisant la demande de transport

La demande de transport est exprimée avant tout par les flux de transport (mesurés souvent en tonnes ou en tonnes-kilomètres) d'une origine et d'une destination (O-D) pour les deux techniques concurrentes : le transport combiné et le transport routier. Il a pour objet de calculer séparément des matrices de flux de trafic tout en espérant connaître les principaux axes du transport combiné. La conception, la mise en oeuvre et le contenu de ces matrices sont expliqués ci-après.

Les statistiques du transport de marchandises ne fournissent qu'une vision biaisée de la demande, puisqu'elles n'enregistrent que les transports réalisés, qui correspondent à une demande contrainte par l'offre (nature des services offerts, prix, etc.).

Avant de décrire les méthodes de calcul, il est important de situer le transport combiné en 1989, année de base pour notre recherche, tant en ce qui concerne la structure du réseau (implantation nationale, principaux axes, flux de transport) que la place du transport combiné dans les transports intérieurs de fret.

3.1.1 - Réseau, chantiers et relations

Avant d'aborder le calcul, il convient de définir un réseau de chantiers combinés à prendre en compte dans notre recherche. A ce stade de l'étude, nous avons tout d'abord retenu un ensemble de 28 chantiers combinés qui devraient exister à l'horizon de l'étude malgré la politique de massification des flux et qui servira pour la suite de la recherche (Tableau 3-1).

A. - Quels chantiers ?

Le réseau de chantiers combinés à l'horizon de l'étude a été défini préalablement. Le tableau ci-dessous comporte les 28 centres combinés retenus et leurs localisations. La nécessité d'avoir au plus un chantier combiné par département administratif français explique ce choix. Pour l'Ile-de-France, nous avons préféré garder seulement les trois chantiers combinés les plus importants plutôt que de les regrouper en un seul dans la suite du calcul.

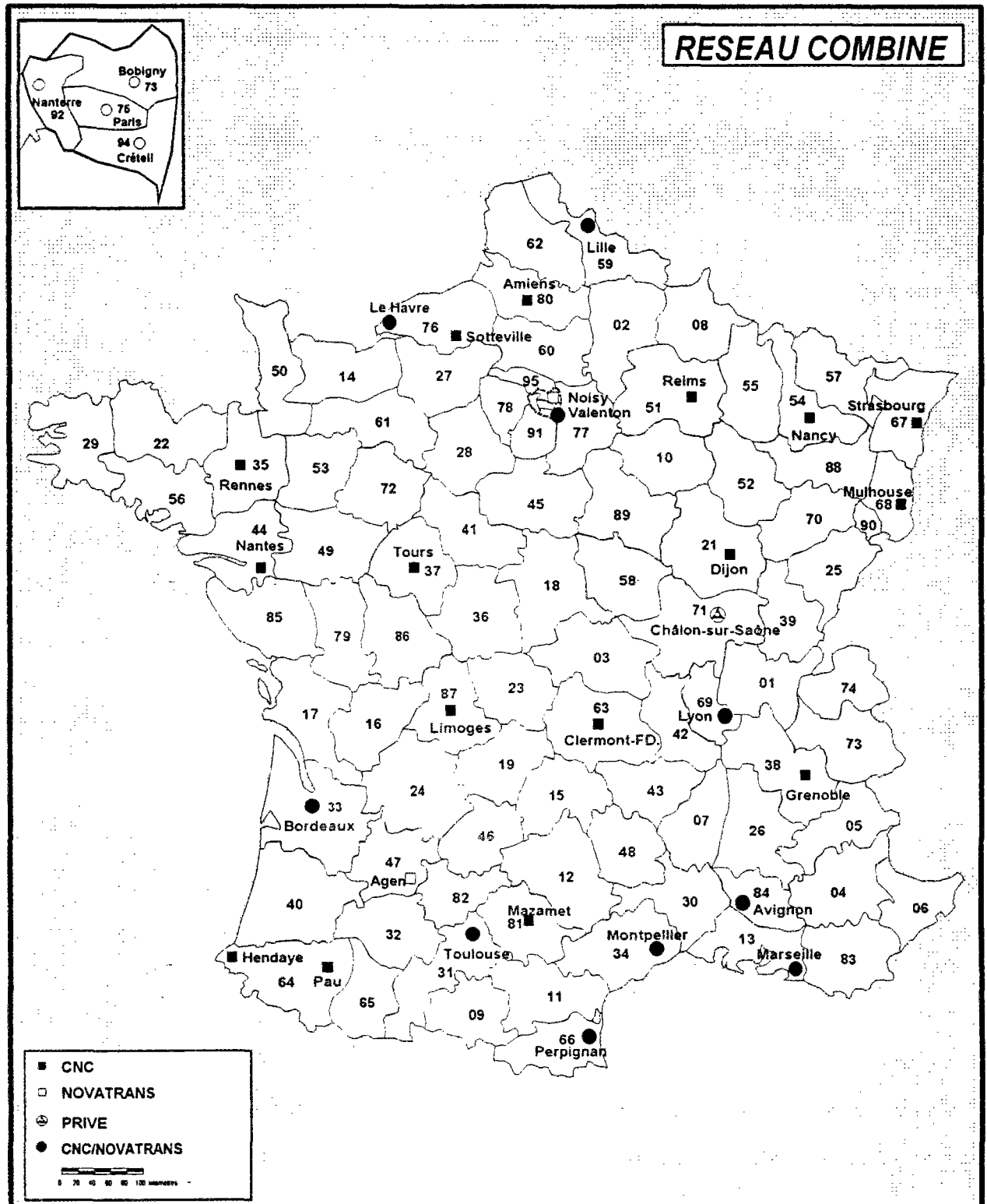
Tableau 3-1 : Les chantiers combinés et leurs localisations

Chantier	Département d'appartenance	Chantier	Département d'appartenance
Marseille	13	Hendaye, Dax	64
Gevrey	21	Perpignan	66
Toulouse	31	Strasbourg	67
Bordeaux	33	Mulhouse	68
Montpellier	34	Vénissieux	69
Rennes	35	Chalon-sur-Saône	71
St-Pierre-des-Corps	37	Le Havre, Rouen	76
Grenoble	38	Amiens	80
Nantes	44	Mazamet	81
Agen	47	Avignon	84
Reims	51	Limoges	87
Nancy	54	Gennevilliers	92
Lille	59	Noisy	93
Clermont-Fd.	63	Valenton	94

B. - Quelles liaisons ?

A partir de l'ensemble de 28 chantiers combinés retenus, nous avons virtuellement 756 ($28 \times 27 = 756$) relations possibles (les liaisons entre départements limitrophes incluses) pour l'acheminement du trafic combiné. En fait, le plan de transport combiné montre qu'il n'existe au maximum que 400 liaisons (les données retenues sont celles du service d'hiver 90 / 91) pour l'ensemble du réseau.

Figure 3-1 : La localisation des chantiers combinés



3.1.2 - La demande en transport combiné

A. - L'évolution du transport combiné entre 1981 et 1989

Les tableaux 3-2 et 3-3 indiquent ce qu'a été cette évolution entre 1981 et 1989, mesurée en millions de tonnes et en milliards de tonnes-kilomètres.

— En millions de tonnes

Le transport combiné est passé de 10,2 à 12,5 millions de tonnes en 8 ans, soit une augmentation de l'ordre de 22,5 %. Le taux de croissance annuelle correspondant est de 2,6 % par an.

La part du transport combiné dans le transport ferroviaire est passée de 5,6 % à 8,7 %. Toutefois, cette augmentation s'inscrit à l'intérieur d'un tonnage total de trafic ferroviaire en régression de 22,2 %, puisqu'il est passé de 184 à 143 millions de tonnes pendant la même période.

— En milliards de tonnes-kilomètres

Le transport combiné est passé de 6,1 à 7,4 milliards de tonnes-kilomètres en 8 ans, soit une augmentation de l'ordre de 21,3 %. Le taux de croissance annuelle correspondant est de 2,4 % par an.

La part du transport combiné dans le transport ferroviaire est passée de 10,2 % à 14,3 %. Toutefois, cette augmentation s'inscrit à l'intérieur d'un tonnage total de trafic ferroviaire en régression de 13,4 %, puisqu'il est passé de 59,6 à 51,6 milliards de tonnes-kilomètres pendant la même période.

La part du transport combiné dans le transport routier est passée de 6,6 % à 6,3 %. Toutefois, cette faible régression relative s'inscrit à l'intérieur d'un volume total de trafic routier en progression de 25,1 % puisqu'il est passé de 93,3 à 116,7 milliards de tonnes-kilomètres.

Tableau 3-2 : Evolution quantitative du transport combiné entre 1981 et 1989

		Tonnage brut (milliers de tonnes)								
UTI	Nature de trafic	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Rail-Route	intérieur	1 868	1 894	1 931	1 884	2 050	2 156	2 260	2 354	2 306
	international	1 157	1 427	1 297	1 429	1 583	1 787	1 733	2 038	2 217
	Total	3 025	3 321	3 228	3 313	3 633	3 943	3 993	4 392	4 523
Conteneurs	intérieur	4 929	4 798	4 666	4 641	4 630	4 329	4 351	4 319	4 329
	international	2 301	2 061	2 348	2 535	2 812	2 879	2 936	3 141	3 607
	Total	7 230	6 859	7 014	7 176	7 442	7 208	7 287	7 460	7 936
Total		10 255	10 180	10 242	10 489	11 075	11 151	11 280	11 852	12 459

		Tonnage kilométrique brut (millions de tonnes-kilomètres)								
UTI	Nature de trafic	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Rail-Route	intérieur	1 193	1 190	1 218	1 187	1 281	1 346	1 423	1 507	1 493
	international	1 006	1 234	1 117	1 250	1 364	1 546	1 496	1 742	1 852
	Total	2 199	2 424	2 335	2 437	2 645	2 892	2 919	3 249	3 345
Conteneurs	intérieur	2 294	2 219	2 166	2 169	2 145	1 997	1 975	1 964	2 020
	international	1 632	1 467	1 616	1 722	1 927	1 875	1 892	1 950	2 052
	Total	3 926	3 686	3 782	3 891	4 072	3 872	3 867	3 914	4 072
Total		6 125	6 110	6 117	6 328	6 717	6 764	6 786	7 163	7 417

Source : SNCF - Direction du Contrôle de Gestion - Département Méthodes et Systèmes - Division Statistiques

Tableau 3-3 : La part du transport combiné dans le transport ferroviaire et le transport routier pour la période 1981 à 1989

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
En milliards de tonnes-kilomètres									
Transport combiné (TC)	6,1	6,1	6,1	6,3	6,6	6,8	6,8	7,2	7,4
Transport ferroviaire	59,6	56,8	55,1	55,9	54,2	50,2	49,8	50,7	51,6
Part du TC dans le fer (%)	10,2	10,7	11,1	11,3	12,4	13,5	13,7	14,2	14,3
Transport routier	93,3	90,6	86,9	88,3	89,1	93,1	100,0	111,8	116,7
Part du TC dans la route (%)	6,6	6,7	7,0	7,1	7,4	7,4	6,8	6,4	6,3
En millions de tonnes									
Transport combiné (TC)	10,2	10,2	10,2	10,5	11,0	11,1	11,3	11,9	12,5
Transport ferroviaire	184	171	163	165	158	142	139	141	143
Part du TC dans le fer	5,6	6,0	6,3	6,4	7,0	7,8	8,1	8,4	8,7
Transport routier	1389	1319	1232	1253	1233	—	1309	1486	1513
Part du TC dans la route (%)	0,73	0,77	0,83	0,84	0,90	—	0,86	0,80	0,83

Source : OEST (Enquête sur l'utilisation des véhicules de transport routier de marchandises)

Note : Le trafic ferroviaire comporte celui des trains entiers, du transport combiné et des wagons isolés.

B. - Modes opératoires des acheminements du transport combiné

Depuis le début, la SNCF a traité l'intermodal selon deux modes opératoires des acheminements de techniques combinées :

- **les trains de point à point**, la principale caractéristique de ces trains est qu'ils évitent les triages lorsque le volume le permet ;
- **les trains du lotissement**, à travers les mailles d'un réseau de triages par succession d'éclatements et de recompositions des lots, pour les relations d'importance moyenne.

Les trains de point à point font l'objet d'une **organisation spéciale**. C'est-à-dire, une trame de trains de nuit, jour A soir / jour B matin, entièrement ou quasi entièrement réservés aux transport d'UTI (Unité de Transport Intermodal), assurant des acheminements directs de centre à centre.

Les trains de l'organisation spéciale sont dans la plupart des cas des trains de long parcours (de 500 à 1000 km) et par conséquent la vitesse en ligne revêt une importance particulière par le gain de temps qu'elle procure et par la meilleure inscription de ces trains dans les batteries de trains de voyageurs. Le relèvement de cette vitesse à 120, puis 140 et 160 km/h constitue donc un facteur de progrès extrêmement important, en performance absolue et à tonnage constant.

Cette offre d'un bon rendement, grâce à la rotation accélérée des matériels, nécessite un taux de remplissage maximum et régulier. L'acquisition d'un niveau de trafic de 80 à 100 000 t/an pour chaque sens d'une relation est quasiment indispensable.

Les trains du lotissement ont été longtemps satisfaisants, surtout ceux du plan de transport du **régime accéléré**, offrant une diffusion très étendue et des délais acceptables dans un contexte concurrentiel relativement encadré au niveau tarifaire.

Les trains du lotissement circulent sur des relations à faible trafic. Aujourd'hui, leur performance n'est plus adaptée aux besoins spécifiques du combiné. Il est à noter que le trafic combiné acheminé par l'organisation spéciale se développe alors que celui assuré par le lotissement baisse. Les chiffres confirment ce jugement : entre 1985 et 1991, la part des trains du lotissement dans le trafic combiné est passée de 43 à 31%. Mais il continuera d'exister. Par conséquent, pour une étude aussi exhaustive que celle-ci, il est convenu de prendre en compte, au départ, la totalité du trafic combiné intérieur.

C. - Calcul des matrices de flux

Nous possédons deux fichiers de base acquis auprès de la SNCF pour le calcul du trafic combiné : l'un est la statistique W7-21-1989 du secteur 106 qui correspond aux activités de trafic par wagons de conteneurs de CNC, l'autre est la statistique W7-21-1989 du secteur 110 qui correspond aux activités de trafic rail-route de Novatrans. Il s'agit de statistiques sur l'ensemble du trafic combiné (y compris le trafic combiné international et transit) acheminé pour l'année 1989.

Le tonnage relevé ici concerne le poids taxé (mais il s'agit du poids réel transporté dans le fichier routier TRM). Pour obtenir des conditions tarifaires plus avantageuses, l'expéditeur peut déclarer un tonnage supérieur à celui qui est effectivement transporté.

Les variables recensées dans les deux fichiers nommés respectivement T106 (pour CNC) et T110 (pour Novatrans) sont identiques : **numéro de gares origines ; numéro de gares destinations ; nom de gares origines ; nom de gares destinations ; nombre de wagons annuels ; poids taxés annuels.**

Nous distinguons toutefois les deux types de liaisons suivants :

- les liaisons directes qui ne prennent en compte que des flux de chantier i (Origine) à chantier j (Destination) ;
- les liaisons indirectes qui doivent tenir compte des effets de la zone d'attraction d'un chantier combiné. Nous reviendrons sur ce concept.

1. - Calcul des flux de liaisons directes (de centre à centre)

- A partir des fichiers T106 et T110, on exclut tout d'abord les flux internationaux. Un flux international est un flux qui a un pôle d'une liaison ou les deux pôles appartenant à un chantier frontalier ou étranger ;
- On élimine ensuite toutes les liaisons dont un des deux pôles de liaison n'appartient pas au réseau défini ci-dessus ; ces liaisons qualifiées d'indirectes feront l'objet d'un calcul spécifique des flux de liaisons indirectes.
- A chaque flux de départ O_i ($i=1...28$), on associe les flux de destinations D_j ($j=1...27$) et on calcule ainsi le poids taxé annuel agrégé relation par relation. On a obtenu des matrices de flux pour le trafic de CNC, nommée M_1 , et pour le trafic de Novatrans, nommée M_2 .
- Enfin, on fait simplement l'addition de ces deux matrices pour obtenir une matrice de trafic combiné intérieur, nommée M_3 . Les matrices obtenues font l'objet de l'annexe I (1a, 1b et 1c).

2. - Calcul des flux de liaisons indirectes

a. - la zone d'attraction d'un chantier combiné

La notion de zone d'attraction d'un chantier reste imprécise mais fondamentale car elle délimite de fait le marché accessible au transport combiné. Elle fait l'objet de nombreuses études.

Selon une étude de SEMA GROUPE (1990), la zone d'attraction sur le plan géographique est définie par des courbes isochrones d'une demi-heure et d'une heure, à partir des flux potentiellement captables et du chantier de transport combiné.

L'étude de SERETE (1990) a proposé la zone d'attraction d'un chantier combiné en termes d'hinterland. Prenons le cas du site de Toulouse, l'hinterland a été considéré comme la zone comprise dans un rayon de 150 kilomètres autour du site. Elle correspond à la première couronne du département autour du chantier, à l'exception du ou des départements situés en rebroussement par rapport à l'axe de traction.

Les travaux menés par M. Nierat, reposant sur la théorie de l'économie spatiale, caractérisent la zone d'influence d'un chantier combiné comme la somme des lieux pour lesquels la technique du transport combiné est effectivement choisie (Nierat P., 1987).

Nous retenons ici que la zone d'attraction d'un chantier combiné est la somme des lieux à partir de laquelle naissent les trafics routiers transitant par le site de transbordement rail-route.

Il sera affecté à ces chantiers combinés une zone d'attraction au cas par cas en prenant compte de :

- la première couronne de départements limitrophes au maximum dans la majorité de cas ;
- l'axe de traction principale (pas de prise en compte des départements limitrophes en rebroussement).

Les zones d'attraction des chantiers répondant à ces critères sont présentées au tableau 3-4.

b. - Calcul des flux de liaisons indirectes

Le calcul des flux de liaisons indirectes a pour objet de créer une nouvelle matrice des flux intégrant à la fois les flux directs et les flux transférables vers un des chantiers retenus ci-dessus. Ils seront définis comme les flux entre les zones d'attraction de deux chantiers combinés quelconques.

La massification de certains trafics combinés dont les chantiers devraient disparaître à l'horizon de l'étude nous paraît nécessaire pour conserver ces trafics combinés assurés déjà par le fer.

On calcule ensuite ces flux transférables, relation par relation, dans les fichiers T106 et T110 selon les mêmes processus de calcul que pour les flux directs ci-dessus.

On a obtenu ainsi les deux matrices des flux, et après les avoir additionnées, on a la matrice des flux pour la SNCF après regroupement, nommée M_4 dans l'annexe I (1d).

Table 3-4 : Définition de zone d'attraction d'un chantier combiné

Localisation du chantier	Département d'appartenance	Départements de la zone d'attraction regroupés
Marseille	13	
Gevrey	21	25
Toulouse	31	9- 46- 65- 82
Bordeaux	33	17- 24- 40
Montpellier	34	11
Rennes	35	22- 29- 50- 53- 56
St-Pierre-des-Corps	37	18- 36- 41- 72- 79- 86
Grenoble	38	73
Nantes	44	49-85
Agen	47	32
Reims	51	8
Nancy	54	52- 55- 57- 88
Lille	59	62
Clermont-Fd	63	15-19
Hendaye, Dax	64	
Perpignan	66	
Strasbourg	67	
Mulhouse	68	70-90
Vénissieux	69	1- 42- 43- 74
Chalon sur Saône	71	3- 39- 58
Le Havre, Rouen	76	
Amiens	80	60
Mazamet	81	12
Avignon	84	4-5-6-7-26-30-48-83
Limoges	87	16- 23
Gennevilliers	92	14- 27- 28- 61- 78- 95
Noisy	93	2
Valenton	94	10- 45- 77- 89- 91

Figure 3-2 : Cartographie de la zone d'attraction des chantiers combinés

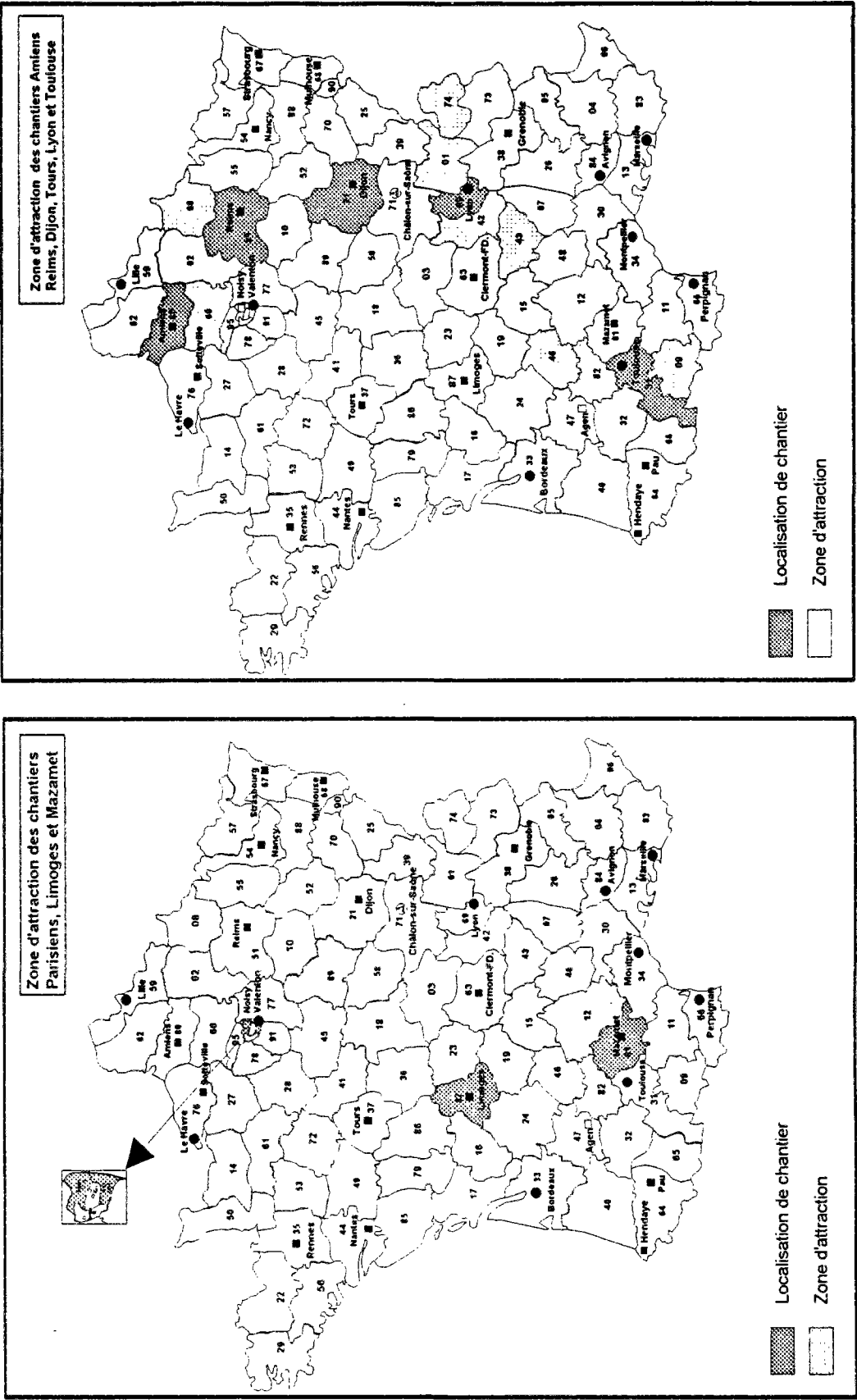
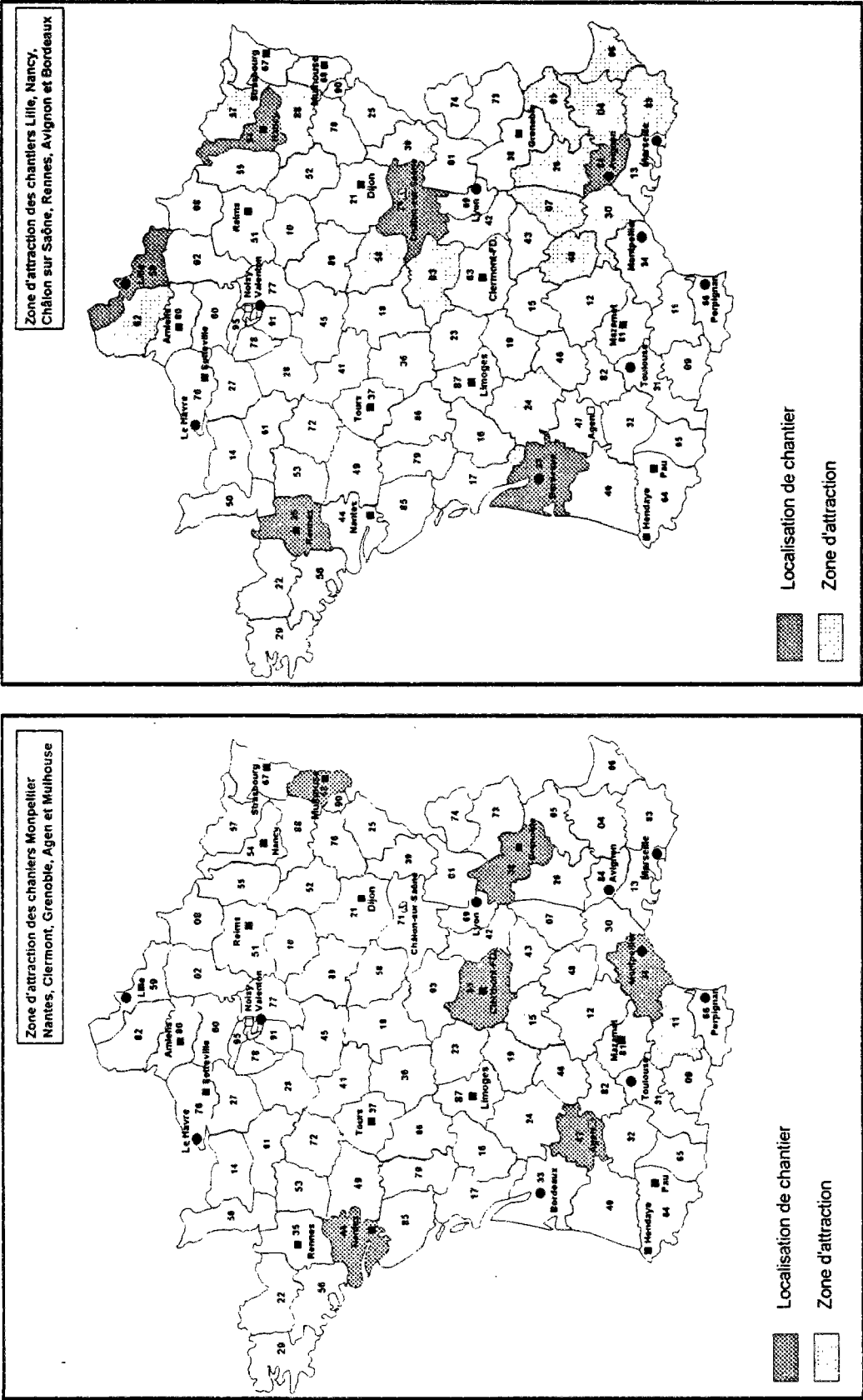


Figure 3-3 : Cartographie de la zone d'attraction des chantiers combinés (suite)



3.1.3 - La demande en transport routier

Il s'agit d'élaborer une matrice des flux routiers interdépartementaux comparable à celle du transport combiné en vue de l'estimation de la part de marché de transport combiné, relation par relation.

Mais avant de calculer, deux remarques sont nécessaires :

- Nous ne prenons que les départements dans lesquels il existe au moins un chantier combiné pour calculer les flux routiers interdépartementaux. Autrement dit, nous calculons les flux échangés entre les 28 départements concernés.
- Compte tenu de certaines marchandises, a priori non transférables sur le transport combiné, nous ne retenons que celles transférables dont la liste NST fait l'objet de l'annexe III . 26 groupes NST sur 52 ont été retenus comme recouvrant des marchandises qui, de par leur nature et / ou leur conditionnement, sont déjà entrées dans l'aire de pertinence technico-commerciale du transport combiné ou paraissent susceptibles d'y entrer dans les années qui viennent.

Les données statistiques utilisées pour construire la matrice sont issues de la banque de données SITRAM (Système d'Information sur les Transports de Marchandises) provenant des enquêtes TRM de l'OEST (Observatoire Economique et Statistique des Transports).

La banque de données SITRAM repose sur la mise en commun des informations issues de plusieurs organismes, afin de faciliter l'utilisation de l'ensemble des données à un plus grand nombre d'utilisateurs. Elle a servi de source essentielle à l'analyse des caractéristiques géographiques des flux concernés. Plusieurs filtres ont été placés, afin de ne retenir que les données correspondant au marché visé. C'est ainsi que n'ont été retenus que les trafics routiers interdépartementaux en 1989, excluant les trafic intradépartementaux.

Rappelons que SITRAM ne donne que le tonnage brut des marchandises transportées par les véhicules immatriculés en France d'au moins 3 tonnes de charge utile et de moins de 15 ans d'âge.

Les modalités des enquêtes TRM permettant de connaître l'activité d'un échantillon de véhicules porteurs au cours d'une semaine : camions, remorques et semi-remorques de nationalité française, de charge utile d'au moins 3 tonnes et de moins de 15 ans d'âge.

Le plan de sondage correspond à un véhicule au cours de l'année, avec des taux de sondage variables selon la taille du véhicule : le taux de sondage moyen final, après extrapolation à l'année, est de l'ordre de 1/300 pour l'ensemble de l'enquête.

Ainsi l'enquête TRM couvre toutes les distances de transport et fournit des renseignements sur les deux régimes : le transport pour compte d'autrui (CA) et le transport pour compte propre (CP). Les variables recensées dans notre banque de données concernent : **le numéro de département origine ; le numéro de département destination ; la nature de la marchandise** (en termes de Groupes NST ⁸) ; **le mode de transport ; le tonnage et le nombre d'observations.**

Le calcul des flux routiers a été réalisé selon le même principe que celui des flux du transport combiné. Deux matrices des flux routiers ont été obtenues : l'une, nommée **M₅**, part des trafics totaux de département à département ; l'autre, nommée **M₆**, ne tient compte que des trafics combinables interdépartementaux. Ces résultats font l'objet de l'annexe I (2a et 2b).

⁸ Nomenclature uniforme des marchandises pour les statistiques de transport - Office Statistique des Communautés Européennes - Luxembourg - édition 1971.

3.1.4 - Identification des liaisons principales du transport combiné

A. - La part de marché du transport combiné

L'identification des liaisons principales du transport combiné repose sur une estimation empirique de la part de marché du transport combiné pour une relation donnée. Ceci nécessite non seulement de connaître le volume de fret pour les deux modes étudiés par département d'origine et de destination, mais également l'importance des flux de département à département.

Après le calcul, les matrices des flux de trafic pour le transport combiné et le transport routier sont désormais disponibles. Supposons maintenant qu'il n'y ait qu'un marché ayant les deux modes concurrents : le transport combiné et le transport routier, à l'aide des matrices que nous avons obtenues, nous arrivons à calculer, relation par relation, la part de marché du transport combiné selon la formule suivante :

$$(\text{PartTC})_{ij} \% = \frac{(\text{TC})_{ij}}{(\text{TC})_{ij} + (\text{TR})_{ij}}$$

où la part de marché du transport combiné, relation par relation, est le rapport du trafic combiné sur l'ensemble du trafic combinable (trafic combiné plus trafic routier transférable).

Le tableau de fréquences par tranche de la part du marché à l'issue du calcul figure au tableau 3-5.

B. - La détermination de l'échantillon

En général, la demande du transport combiné est minime par rapport à celle du transport routier. La part de marché du transport combiné ne représente que 4,64 % de l'ensemble du

marché. Le tableau 3-5 montre toutefois que, sur quelques liaisons, en particulier sur celles à grande distance, la part du transport combiné reste importante.

Tableau 3-5 : Nombre de liaisons selon la part de marché du transport combiné

PartTC	Liaison (D)	Cumulée	Liaison (I)	Cumulée
= 0%	68	68	42	42
de 0% à 1%	343	411	456	498
de 1% à 5%	189	600	163	661
de 5% à 10%	36	636	30	691
de 10% à 20%	32	668	28	719
de 20% à 30%	26	694	9	728
de 30% à 40%	8	702	12	740
de 40% à 50%	9	711	7	747
de 50% à 100%	23	734	6	753
= 100%	16	750	3	756
Néant *	6	756	—	756

où :

Liaison (D) représente les relations de chantier à chantier ;

Liaison (I) représente les relations de chantier à chantier après regroupement ;

(*) Néant signifie qu'il n'y a pas de trafic combiné.

On constate que la part du transport combiné varie selon les liaisons, et est maximale pour les liaisons Midi-Pyrénées / Ile-de-France, où le transport combiné se trouve placé dans des conditions concurrentielles particulièrement favorables. Le reste des relations, dans l'ensemble du territoire français n'est que très peu pénétré par le transport combiné.

Le calcul des flux de trafic pour le transport combiné et le transport routier aboutira à définir un échantillon de liaisons pour la suite de la modélisation du choix modal. Après divers essais de filtres, l'échantillon d'une quarantaine d'axes choisis comme étant parmi les plus intéressants décrit en effet de façon représentative les deux techniques concurrentes. Les liaisons ainsi déterminées figurent au tableau 3-6.

Tableau 3-6 : Echantillon retenu des liaisons du transport combiné

De	Vers	TR89	TC89	Part du TC
Lille	Avignon	67918	55159	44,82%
Nantes	Avignon	15723	18287	53,77%
Valenton	Avignon	13012	258503	95,21%
Lille	Bordeaux	124798	33521	21,17%
Marseille	Bordeaux	72557	8812	10,83%
Noisy	Bordeaux	25981	66018	71,76%
Valenton	Bordeaux	63169	164603	72,27%
Vénissieux	Bordeaux	121194	27813	18,67%
Toulouse	Le Havre	9983	1621	13,97%
Avignon	Lille	62783	41529	39,81%
Vénissieux	Lille	123713	52848	29,93%
Lille	Marseille	137893	39168	22,12%
Noisy	Marseille	53295	47092	46,91%
Valenton	Marseille	21436	175526	89,12%
Strasbourg	Montpellier	24440	6323	20,55%
Valenton	Montpellier	13430	44586	76,85%
Vénissieux	Nantes	55246	20859	27,41%
Avignon	Noisy	8876	63866	87,80%
Bordeaux	Noisy	36841	61019	62,35%
Hendaye	Noisy	20050	3238	13,90%
Marseille	Noisy	43356	45641	51,28%
Strasbourg	Noisy	92077	13580	12,85%
Lille	Perpignan	17751	5551	23,82%
Avignon	Strasbourg	39270	9863	20,07%
Montpellier	Strasbourg	11174	3709	24,92%
Toulouse	Strasbourg	13429	1868	12,21%
Lille	Toulouse	60866	26856	30,61%
Mulhouse	Toulouse	17445	4596	20,85%
Noisy	Toulouse	22453	121217	84,37%
Valenton	Toulouse	4914	219229	97,81%
Vénissieux	Toulouse	86495	28882	25,03%
Avignon	Valenton	92725	248400	72,82%
Bordeaux	Valenton	45481	100673	68,88%
Clermont-Fd.	Valenton	35848	24041	40,14%
Hendaye	Valenton	3875	79988	95,38%
Montpellier	Valenton	40894	49173	54,60%
Perpignan	Valenton	54510	20205	27,04%
Strasbourg	Valenton	72831	37932	34,25%
Toulouse	Valenton	11232	185245	94,28%
Vénissieux	Valenton	178416	95217	34,80%
Lille	Vénissieux	233236	66274	22,13%
Nantes	Vénissieux	43247	32526	42,93%
Toulouse	Vénissieux	59288	22482	27,49%
Valenton	Vénissieux	146108	115312	44,11%

3.2 - Les données caractérisant l'offre de transport

Le transport combiné évolue dans un monde concurrentiel dont la référence est l'offre routière surtout en termes de délai, de fiabilité et de compétitivité.

Malgré une certaine imprécision due à ces variables, celles-ci sont absolument indispensables dans une telle étude car ce sont les seules variables d'action d'une politique des transports dont le but serait de modifier la répartition du trafic entre le transport combiné et le transport routier.

Selon les différents segments du marché, la demande pourra privilégier l'un ou l'autre des termes du rapport qualité-prix, et c'est essentiellement par l'offre d'acheminement que les opérateurs pourront prendre part à la compétition, d'autant plus qu'il faut absorber les opérations de transfert intermodal aussi bien en temps qu'en coût.

3.2.1 - Prix de transport

La détermination des prix de transport est capitale pour la suite de l'étude et la réussite du modèle. En effet, c'est en fonction de leurs valeurs qu'on effectue le choix du mode de transport entre le transport combiné ou son mode concurrent routier.

Toutefois, plusieurs études similaires emploient aussi les coûts comme un critère déterminant dans le choix modal. Nous savons qu'il existe une relation étroite entre les coûts et les prix car théoriquement, en effet, les prix correspondent aux coûts engendrés par l'ensemble des opérations effectuées, auxquelles doivent s'ajouter une marge bénéficiaire garante de la pérennité de l'entreprise. Cette différence peut renseigner sur la marge d'évolution tarifaire quand il existe un certain parallélisme entre les deux fonctions (Nierat P. 1987, p.34). Ce

parallélisme n'est cependant pas une condition nécessaire pour l'efficacité d'un acte commercial.

Nous préférons retenir les prix de transport pour notre recherche parce que :

- il est impossible de disposer de l'ensemble des coûts du transport combiné car la partie coût de traction ferroviaire est un élément confidentiel dans la stratégie du développement ;
- Le choix d'un mode de transport par l'utilisateur paraît plus naturel à observer et les tarifs pratiqués par deux opérateurs (CNC et Novatrans) peuvent être considérés comme une résultante des coûts supportés par ces sociétés ;
- Cette option se justifie pour l'analyse du choix de l'utilisateur dont le comportement est dicté plutôt par le prix, et non par le coût et encore moins par la différence entre ces deux termes.

Nous procéderons donc successivement à l'examen des prix pratiqués pour le transport combiné et des prix de marché des transports routiers en espérant qu'ils décriront au mieux le comportement des usagers en ce qui concerne le choix du mode. Comme nous avons montré qu'il existe un parallèle entre les prix et les coûts, nous allons décrire les éléments des prix pour mieux comprendre les mécanismes de comportement du marché de transport.

A. - Les prix du transport combiné

1. - Généralités

Nous pouvons employer une formule générale pour calculer les prix du transport combiné (Dobias, 1989) :

$$\text{PrixTC} = C_1 + C_2 + C_3$$

où :

C_1 représente la charge marginale de traction ferroviaire ;

C_2 représente la charge d'un chantier combiné ;

C_3 représente le camionnage s'il y a lieu.

Ils correspondent aux coûts engendrés par les opérations de l'ensemble des acheminements, la desserte terminale comprise. Ils se décomposent suivant les trois principaux éléments suivants :

— Le coût de traction ferroviaire, en fonction :

des temps de circulation (conduite, charge de capital) ;

du parcours des trains (entretien du matériel moteur, dépenses marginales de voie et d'énergie pour la locomotive, charges marginales de gestion des circulations) ;

du parcours, du nombre et des caractéristiques des véhicules (énergie, entretien, part des dépenses marginales de voie liée à la tare des wagons) ;

du nombre d'expéditions et de wagons (gestion des informations relatives aux expéditions, manoeuvres, reconnaissances) ;

du tonnage kilométrique transporté ;

des coûts des opérations terminales (mise à quai,...).

— Le coût des chantiers de transbordement, en fonction :

du coût d'infrastructure ;

du coût de manutention ;

du coût d'administration.

— Le coût de la desserte terminale routière

La desserte terminale routière est le principal poste de coût du transport combiné acheminé par trains directs, qui est le seul à pouvoir être compétitif face à la route. Dans ce cadre, la desserte représente déjà 40 % du coût total ⁹. Le coût de cette desserte routière est calculé selon trois approches différentes :

— affrètement ponctuel

L'opérateur de transport combiné fait appel à un tractionnaire routier au coup par coup et négocie un prix. Une telle pratique est marginale car elle ne donne pas de garantie de suivi ni de qualité de service, de plus, les prix ainsi négociés peuvent être plus élevés que la normale lorsque l'opérateur est "en panne" de véhicule, mais également moins élevés lorsque l'affrèteur recherche "à tout prix" un fret.

— contrat de camionnage au kilomètre parcouru

Cette formule est employée par la CNC. Elle offre l'énorme avantage d'avoir un tarif compétitif à courte distance quel que soit le temps passé par le routier chez le client et celui de pouvoir démarrer un trafic nouveau sans fret de retour. En revanche, cette formule n'est plus compétitive dès lors que le trafic s'effectue à une distance relativement élevée ou lorsqu'il existe des possibilités de fret de retour. Aussi, la plupart des opérateurs, y compris la CNC elle-même, pour des cas spécifiques, ont plutôt recours à la troisième méthode.

— contrat d'affrètement de longue durée

Ces contrats sont passés pour une période d'une ou plusieurs années ce qui permet de disposer de partenaires qualifiés et disponibles assurant une qualité de service suivie auprès de la clientèle. Les contrats sont directement calqués sur la structure même des coûts routiers, ils sont donc, au niveau des besoins de l'analyse, assimilables à des transports en compte propre puisque la structure des coûts est identique. Ces contrats prévoient une rémunération fixe et une part proportionnelle aux distances parcourues. Ce type de contrats est bien mieux adapté aux besoins spécifiques du transport combiné d'avenir.

⁹ Selon une étude interne de la Direction de la Recherche de la SNCF, 1992.

Il convient de souligner que :

- Les calculs de prix devront tenir compte des trois difficultés bien connues en économie des transports : une infrastructure spécifique, des productions liées, un réseau.
- Les prestations de transport relevant du transport combiné et assurées par une même infrastructure ne sont pas homogènes. On est dans le cas de productions liées (train direct de point à point et lotissement), et il faut pousser aussi loin que possible l'analyse des dépenses qui correspondent à ce trafic.
- Le transport combiné fait appel à une infrastructure spécifique : le chantier dont il conviendra de fixer les coûts d'usage. La spécificité de cette infrastructure fait du transport combiné un mode de transport distinct et non simplement la résultante de l'utilisation de deux modes, ce qui ne va pas simplifier les calculs de coûts.

L'absence de publications dans ce domaine résulte des difficultés liées à la nature du sujet traité ainsi que des réticences dues au secret commercial. Nous avons trouvé un exemple de calcul de coûts du transport combiné de M. FRYBOURG qui explique bien les principes de calcul, mais sa relative "ancienneté" ne nous permet pas de l'utiliser directement dans notre recherche (cf. annexe VI).

2. - Les principes des tarifs publics pratiqués par CNC

Les tarifs du transport combiné de la CNC constituent deux grandes parties de charges engendrées : la traction ferroviaire qui s'entend de "sur wagon gare de départ" à "sur wagon gare d'arrivée" d'une part et le prix de camionnage de la desserte terminale d'autre part.

— Détermination du prix de traction ferroviaire

Les tarifs applicables uniquement au transport ferroviaire des grands conteneurs chargés et vides varient en fonction : **du type de relation ; de la longueur de l'envoi ; de la tare du ou des grands conteneurs utilisés ; du poids net total transporté et du type de wagon.** Il est à noter que la nature des marchandises n'intervient pas dans l'établissement des prix.

— La relation :

La CNC distingue quatre types de relations conduisant à l'application de quatre niveaux de tarification :

Trafic rail-route

les relations nommément désignées bénéficient de prix spéciaux obtenus par lecture directe ;

les relations entre ports et plates-formes terminales désignées et vice-versa.

Embranchements particuliers ¹⁰

les relations entre ports et gares désignées et vice-versa ;

les relations entre ports désignés et toutes les autres gares et vice-versa.

Pour les trois derniers types de relations, les prix s'obtiennent par lecture d'un barème kilométrique.

¹⁰ Un embranchement particulier est une voie privée de raccordement au chemin de fer dont la caractéristique est d'être fermée à la circulation générale et réservée à l'usage exclusif d'un établissement. Nous dirons d'un tel établissement qu'il est embranché et nous parlerons également d'envois embranchés à l'origine ou la destination lorsqu'il sera question d'envois expédiés ou reçus par entreprise possédant un embranchement ferroviaire particulier.

- **Les envois** de grands conteneurs chargés ou vides sont exprimés en Equivalents Vingt Pieds (EVP) et sont classés en trois catégories suivant la longueur de chargement rendue possible par les spécificités techniques des wagons mis à disposition :

EVP ISOLE	= 1 x 20' chargé seul	Sur un wagon à essieux
EVP GROUPES PAR 2	= 2 x 20' chargés ensemble ou 1 x 40' chargé seul	Sur un même wagon à essieux ou à bogies
EVP GROUPES PAR 3	= 3 x 20' ou 1 x 40' + 1 x 20' chargé ensemble	Sur un même wagon à essieux ou à bogies

- **La tare des grands conteneurs** : la tare normalement admise pour les grands conteneurs de norme ISO et grands conteneurs "high cube" et "super high cube" est forfaitairement fixée à 6 t maximum par EVP.
- **Poids net transporté** : Par poids net transporté il faut entendre le poids des marchandises augmenté éventuellement des emballages, agrès, dispositifs de calage, glace, palettes, etc., y compris, le cas échéant, l'excédent de tare résultant de l'application des dispositions du point précédent.
- **Type de wagon** : Les wagons mis à la disposition de la clientèle sont de deux catégories et doivent être utilisés dans la limite de leurs possibilités techniques (longueur et charge) :

Les wagons à deux essieux (E) : La longueur utile de leur plateau (12,50 m) autorise le chargement de 2 conteneurs de 20' ou de 1 conteneur de 40', dans la limite d'une charge brute maximale [poids net des marchandises + tare du (ou des) conteneurs] de 28 T.

Les wagons à quatre essieux ou wagons à bogies (B) : La longueur utile de leur plateau (18,50 m) autorise le chargement de 3 conteneurs de 20' ou de 1 conteneur de 20' groupé avec 1 conteneur de 40' (soit 60'), dans la limite d'une charge brute maximale (poids net des marchandises + tare des conteneurs) de 56 T, pouvant atteindre 60 T selon la série de construction.

— **Prix de camionnage**

Lorsque, dans un chantier équipé pour la manutention des grands conteneurs, un service d'enlèvement ou de livraison à domicile est organisé par la CNC, les prix de camionnage sont décomptés dans les conditions prévues au "Tarif de camionnage des grands conteneurs" (TC 403).

Tableau 3-7 : Prix de camionnage des grands conteneurs (en Francs)

Coupure de distance	Région parisienne	Province
0 - 10 km	651	429 - 86
11 - 20 km	734	533 - 594
21 - 30 km	852	637 - 703
31 - 50 km	1180	870 - 941
51 - 75 km	1322	1037 - 1165
76 - 100 km	1500	1196 - 1360
101 - 130 km	1645	1478 - 1731
131 - 150 km	1785	1786 - 1950

Source : La CNC, établissement d'après les prix catalogue

Une comparaison intéressante concernant le résultat du calcul du coût de desserte terminale par la SNCF confirme ces prix théoriques de camionnage.

Tableau 3-8 : Estimation du coût de desserte terminale (en Francs HT)

		10 km	20 km	30 km	50 km	100 km
20'	minimum	274 F	340 F	399 F	498 F	731 F
	maximum	564 F	703 F	877 F	1135 F	1741 F
40'	minimum	294 F	361 F	420 F	520 F	756 F
	maximum	680 F	823 F	946 F	1181 F	1793 F

Source : SNCF, Direction de la Recherche, Département RC

B. - Les prix du transport routier

Les prix routiers utilisés sont les prix pratiqués sur le marché routier en zone longue, issus de trois principales sources d'analyse : DTT (Ministère des Transports, Direction des Transports Terrestres), CNR (Comité National Routier) et FNTR (Fédération Nationale des Transports Routiers). Il s'agit d'un prix moyen en provenance des différentes évaluations des prix de revient routiers pour une période donnée. Il s'agit aussi des prix pratiqués en moyenne pour une relation donnée. Nos hypothèses de calcul sont :

- matériel utilisé : semi-remorque savoyarde 24 t ;
- conditionnement de transport : colis palettisés ;
- distance parcourue à vide : 15 % ;
- tonnage annuel = 20000 t.

Les prix routiers ont été obtenus sous forme du prix au voyage, du prix à la tonne et du prix kilométrique. Nous avons adopté le prix à la tonne conformant à l'intérêt de notre propre étude et les données calculés font l'objet de l'annexe II - D.

3.2.2. - Temps de transport

A. - L'élaboration des temps du transport combiné

La notion des délais d'acheminement recouvre un ensemble de composantes nombreuses et complexes, car le délai commercial global s'étend en fait depuis le moment de la commande du transport par le chargeur jusqu'à la livraison chez le client :

- délais de fourniture du matériel : wagons, caisses mobiles, camions ;
- traction ferroviaire principale d'un chantier de départ à un chantier d'arrivée comportant un ou plusieurs arrêts en cours de route ;
- dans de nombreux cas, transit entre un centre combiné CNC ou Novatrans et le chantier de formation ou d'arrivée du train ; c'est souvent un des points les plus délicats puisque toutes ces opérations sont concentrées sur des plages horaires très restreintes en début de matinée et en fin de soirée ;
- des dessertes ferroviaires ou routières à l'enlèvement et à la livraison

Le temps du transport combiné dépend essentiellement :

- du tracé en ligne, de la gare origine à la gare terminus du train ;
- des dessertes d'enlèvement au départ et de mise à disposition à l'arrivée.

Le temps de transport combiné retenu ici, sur une relation donnée, a été calculé à partir des horaires 90 / 91 du plan de transport, entre la limite de remise des caisses au chantier de départ et à disposition à la clientèle au bout d'un chantier combiné, mais non pas du temps de parcours des acheminements d'un train.

B. - Les temps du transport routier

Le temps de transport routier a été calculé de ville à ville où il existe un chantier combiné.

Les temps nécessaires pour réaliser un transport routier dépendent des temps de trajet en charge et à vide, des temps de stationnement terminal et des manutentions, des temps consacrés à la recherche de fret et au petit entretien courant. Ces temps élémentaires varient énormément suivant les véhicules, les itinéraires et les transports effectués. De ce fait, les temps retenus ici seront des temps moyens sur des trajets rapides, empruntant le plus souvent possible les autoroutes pour un couple origine-destination donné. (cf. annexe II - C).

3.2.3 - Distance de transport

A. - Distance du transport combiné

Dans le cadre de notre phase de collecte de base de données, il est observé qu'il existe deux distances différentes, la distance tarifaire et la distance réelle. Ces données ne sont pas homogènes car la distance tarifaire correspond à la distance la plus courte entre les points de chargement et de déchargement, alors que la distance réelle tient compte du parcours effectué par le véhicule.

La distance du transport combiné est la somme de la distance du parcours principal des trains et de la distance de desserte terminale. Il est facile de calculer la distance ferroviaire d'un chantier combiné à l'autre, mais il est impossible de disposer de données exactes sur la desserte terminale, d'ailleurs très différentes selon les opérateurs et les chantiers de transport combiné. Nous avons simplifié la tâche en visant une comparaison des distances de chantier à chantier au lieu des distances de porte à porte. Le tableau 3-9 donne l'ordre de grandeur de la distance moyenne de desserte terminale de neuf chantiers combiné (NIERAT P., 1991).

Tableau 3-9 : Distance moyenne de desserte terminale

Chantier	Distance moyenne routière (km)	
	Arrivée	Départ
Avignon	66	46
Marseille	24	32
Toulouse	22	44
Lyon	21	19
Dax	24	36
Pau	15	7
Valenton (Novatrans)	25	40
Valenton (CNC)	60	62
Noisy	46	49

Source : NIERAT P., 1991.

C'est la distance taxée que nous avons utilisée pour mesurer la distance ferroviaire parcourue par le transport combiné (cf. annexe II - B). Les distances taxées moyennes, pondérées par les tonnages, ont été calculées par la formule suivante sur l'ensemble des couples de chantiers combinés concernés :

$$\bar{d}_{ij} = \frac{\sum t \cdot km}{\sum tonnes}$$

B. - Distance du transport routier

C'est la distance du centre d'un département à un autre parmi les 28 départements français concernés que nous avons retenue pour constituer le fichier de la distance routière. Nous avons pris comme distances routières celles que le CNR donne comme distances de taxation (cf. annexe II - B).

3.2.4 - Les variables d'offre spécifiques du transport combiné

A. - Plages horaires de départ et d'arrivée

A l'aide des catalogues des trains (analyse est menée pour le service d'hiver 90/91) incluant les trains de l'organisation spéciale, les trains de messageries et de marchandises prioritaires ou non, en considérant que tout train passant par les sites considérés peut s'y arrêter, des axes ont été définis.

Il est à noter que ces horaires font l'objet de révision tous les six mois, mais que les fluctuations d'une période sur l'autre sont de l'ordre de quelques minutes en général, et que la suppression de certains trains ne remet pas en cause l'existence d'une liaison.

B. - Fréquence des acheminements

La fréquence des acheminements ferroviaires est caractérisée par le nombre de trains de départ journalier dans le plan de transport. Nous avons pu constater que cette fréquence est fonction de la relation donnée. Dans la majorité des cas, la fréquence est de 1 train par jour, mais nous avons pu également rencontrer 2, voire même 3 trains par jour, sur quelques grands axes du transport combiné. Cette variable a été introduite afin de mieux caractériser l'influence de l'offre sur le choix du mode.

3.3 - L'enquête auprès des chargeurs de l'INRETS

La présentation des grandes lignes de l'enquête est nécessaire pour faciliter la lecture et la compréhension de l'analyse qui va suivre ; elle permet aussi de montrer certaines insuffisances des données et les problèmes auxquels se posent notre propre besoin.

3.3.1. - Les modalités de l'enquête

Le champ de cette enquête réalisée auprès de 1740 établissements et sur plus de 5100 envois couvre l'ensemble des établissements de plus de 10 salariés appartenant aux secteurs de l'industrie et du commerce de gros, soit une population de près de 63000 établissements et des volumes annuels estimés à 626 millions de tonnes et 390 millions d'envois.

Cette enquête, après deux séries de pré-enquêtes nécessaires pour mettre au point un certain nombre de choix méthodologiques, a été réalisée au premier semestre 1988 ¹¹, elle répondait à deux objectifs précis :

- appréhender les pratiques et les besoins des chargeurs ;
- décrire le déroulement physique et l'organisation des chaînes de transport.

La demande de transport est abordée par des questionnaires fermés auprès des établissements chargeurs. L'offre est saisie par le suivi des trois derniers envois de l'établissement. La reconstitution est faite par des questionnaires téléphoniques à tous les intervenants ayant participé à l'acheminement de cet envoi.

¹¹ Quand l'idée d'une enquête auprès des chargeurs, est née en 1983, dans les thèmes prioritaires du PREDIT, elle était liée au constat de l'insuffisance d'informations sur la demande et à celui de l'inexistence de système d'information capables de cerner cette demande.

Cette enquête fournit un grand nombre de données précises sur la nature des envois et les caractéristiques des expéditeurs et des destinataires. Une contribution méthodologique importante a consisté à saisir le comportement observé par rapport au transport d'un envoi et non à se baser sur l'opinion de la perception du chargeur face à ce transport, de manière à obtenir une information plus objective.

L'enquête a permis le suivi de 5110 envois, tout au long de leurs trajets successifs. Les trajets sont définis par les modes de transport suivants :

- type 1 : un trajet routier unique, en compte d'autrui ;
- type 2 : un trajet routier unique, en compte propre ;
- type 3 : plusieurs trajets routiers ;
- type 4 : un trajet ferroviaire et un ou plusieurs trajets routiers ;
- type 5 : un trajet ferroviaire entre établissements embranchés ;
- type 6 : transport combiné rail-route ;
- type 7 : trajet principal aérien ;
- type 8 : trajet principal maritime.

Pour les transports intérieurs, cette typologie permet donc de définir différemment le choix modal et d'identifier certains marchés appropriés à chacune de ces organisations physiques.

3.3.2 - Variables recensées

L'enquête auprès des chargeurs donne une information sur certaines caractéristiques des chargeurs expéditeurs et destinataires, d'une part telles que : la branche d'activité ; la taille ; la nature de l'établissement ; l'appartenance à un groupe ; la structure de décision concernant les transports ; leur équipement logistique (parc propre, engins de manutention, capacité de stockage et équipement informatique et télématique) ; d'autre part les caractéristiques des envois : la nature des envois (en termes de position NST) ; le conditionnement de l'envoi ; la taille de l'envoi ; l'organisateur de l'envoi ; la distance de transport ; le poids des envois.

Ces caractéristiques décrivant plus directement le transport d'un produit donné et l'environnement de cet envoi associent les données concernant le chargeur à celles concernant le transport. Autrement dit, elles autorisent d'autres ouvertures pour comprendre les mécanismes du choix modal à partir des entreprises enquêtées.

Il n'a malheureusement pas été possible de conserver toutes les données de l'enquête chargeur et ceci pour deux raisons :

- D'abord on a éliminé les envois dont la distance est inférieure à 200 km ;
- Ensuite, il a fallu éliminer les envois ayant une de leurs variables "manquantes" en raison de la technique de traitement des données.

Nous avons pu obtenir un fichier contenant les caractéristiques des envois : **le poids des envois ; les prix de transport ; la valeur au kg ; la distance de transport ; le groupe d'activité des expéditeurs (code APE) et les plages horaires de départ et d'arrivée et le type des chaînes** pour le transport combiné ou non. Le critère de filtrage initial concerne tous les envois dont la distance des transports est supérieure à 200 kilomètres.

CONCLUSION

Dans le chapitre 2 nous avons déjà remarqué que les modèles de trafic de fret sont très rares en France, ce qui explique le peu de sources d'informations fiables disponibles. Tout au long de notre recherche nous nous sommes heurté au problème de collecte de données tant, à l'intérieur de la SNCF, qu'au travers de ses filiales.

Nous avons finalement pu réussir à établir une banque de données pour une quarantaine de liaisons principales du transport combiné national. Les variables recensées pour les deux modes concurrents sont le prix, le temps, la distance, et les variables spécifiques au transport combiné sont les plages horaires de départ et d'arrivée et la fréquence des acheminements.

L'ensemble de ces données nous permettra dans le chapitre 4 de bâtir des modèles agrégés dans le but de trouver des facteurs sensibles du partage modal entre le transport combiné et le transport routier.

Les données de l'enquête auprès des chargeurs de l'INRETS, seule source disponible à notre connaissance, permettront de compléter notre étude par une approche désagrégée du choix modal.

<p>CHAPITRE 4 ANALYSE DE LA CONCURRENCE TRANSPORT COMBINE - TRANSPORT ROUTIER</p>

INTRODUCTION

La mise en oeuvre des modèles dépend essentiellement des données adaptées. Muni de données recensées tant pour le transport combiné que pour le transport routier, nous sommes en mesure de chercher des modèles adéquats pour l'échantillon défini. Conformément à l'état de l'art de l'outil du choix du mode de transport déjà exposé dans le chapitre 2, nous procédons à une double démarche de la modélisation.

La première consiste à la modélisation agrégée. A partir de données pour un échantillon de 44 liaisons principales du transport combiné, nous allons successivement tester les trois types de modèles (linéaires, log-linéaires et logistiques) du partage modal afin d'en choisir un qui représente le mieux l'échantillon choisi. La méthode de calibration utilisée est celle des moindres carrés pour l'estimation des coefficients.

Le développement du transport combiné se différencie selon deux modes opératoires des acheminements : l'organisation spéciale et le lotissement. Nous allons donc appliquer une stratification à l'échantillon ci-dessus selon les modes opératoires des acheminements du transport combiné tout en espérant une amélioration de l'ajustement des modèles. Une étude séparée est aussi intéressante pour le responsable des transports car elle lui permet de mieux prévoir l'impact de son action.

Les données de l'enquête auprès des chargeurs de l'INRETS nous ont permis d'effectuer, sous l'angle des caractéristiques de l'envoi, une deuxième approche de la modélisation désagrégée du choix de mode de transport. Le modèle estimé est un modèle de type logit multi-nominal. En raison de l'importance de l'échantillon nous avons utilisé la méthode du maximum de vraisemblance pour calculer les coefficients du modèle.

4.1 - Résultats sur les modèles agrégés

4.1.1 - La recherche d'un modèle global explicatif

A. - Description de l'échantillon

1. - Variable dépendante

La variable dépendante, c'est-à-dire la part de marché, relation par relation, est issue des calculs empiriques au travers des diverses matrices de flux, car il n'existe malheureusement pas de source disponible quant à cette variable. C'est ainsi, avec le souci de décrire le mieux possible la réalité, que nous avons entrepris plusieurs évaluations de la part de marché du transport combiné, y compris en 1991 qui fait l'objet de l'annexe I (3a, 3b et 3c). Les résultats obtenus ont été synthétisés dans le tableau 4-1a dont les définitions sont :

$$\begin{aligned} S1 &= TC89 / (TC89 + TR89) ; \\ S2 &= TC89 / (TC89 + TR89c) ; \\ S3 &= TC89g / (TC89g + TR89c) ; \\ S4 &= TC91 / (TC91 + TR91ca). \end{aligned}$$

où :

- TC89** : Trafics combinés inter chantiers combinés en 1989 (CNC + Novatrans) ;
- TC89g** : Trafics combinés inter chantiers combinés après regroupement ;
- TR89** : Trafics routiers totaux interdépartementaux en 1989 ;
- TR89c** : Trafics routiers combinables interdépartementaux en 1989 ;
- TCNC91** : Trafics CNC inter chantiers combinés en 1991 ;
- TNOV91** : Trafics Novatrans inter chantiers combinés en 1991 ;
- TC91** : Trafics combinés inter chantiers combinés en 1991 (CNC + Novatrans) ;
- TR91ca** : Trafics routiers en régime pour compte d'autrui en 1991.

Tableau 4-1a : Les parts calculées de marché du transport combiné

Liaison		Parts du transport combiné			
De	Vers	S1	S2	S3	S4
Lille	Avignon	22,44%	22,44%	44,82%	79,64%
Nantes	Avignon	44,68%	45,87%	53,77%	67,55%
Valenton	Avignon	91,66%	91,66%	95,21%	80,21%
Lille	Bordeaux	21,14%	21,14%	21,17%	22,61%
Marseille	Bordeaux	9,88%	10,55%	10,83%	23,68%
Noisy	Bordeaux	71,75%	71,75%	71,76%	61,70%
Valenton	Bordeaux	65,48%	65,48%	72,27%	64,06%
Vénissieux	Bordeaux	15,00%	15,32%	18,67%	18,74%
Toulouse	Le Havre	12,51%	12,51%	13,97%	12,53%
Avignon	Lille	39,61%	39,61%	39,81%	72,89%
Vénissieux	Lille	26,75%	29,83%	29,93%	24,39%
Lille	Marseille	20,58%	22,05%	22,12%	25,92%
Noisy	Marseille	44,28%	46,75%	46,91%	40,48%
Valenton	Marseille	89,10%	89,10%	89,12%	77,17%
Strasbourg	Montpellier	20,55%	20,55%	20,55%	38,42%
Valenton	Montpellier	76,84%	76,84%	76,85%	84,12%
Vénissieux	Nantes	27,29%	27,40%	27,41%	24,00%
Avignon	Noisy	87,76%	87,76%	87,80%	92,60%
Bordeaux	Noisy	62,28%	62,28%	62,35%	78,22%
Hendaye	Noisy	11,23%	13,90%	13,90%	23,96%
Marseille	Noisy	45,68%	51,28%	51,28%	44,53%
Strasbourg	Noisy	12,09%	12,81%	12,85%	12,58%
Lille	Perpignan	23,07%	23,07%	23,82%	62,88%
Avignon	Strasbourg	17,74%	17,74%	20,07%	33,04%
Montpellier	Strasbourg	24,92%	24,92%	24,92%	11,20%
Toulouse	Strasbourg	12,21%	12,21%	12,21%	100,00%
Lille	Toulouse	27,96%	29,96%	30,61%	46,32%
Mulhouse	Toulouse	11,44%	12,40%	20,85%	0,00%
Noisy	Toulouse	84,36%	84,36%	84,37%	93,80%
Valenton	Toulouse	97,80%	97,80%	97,81%	83,62%
Vénissieux	Toulouse	23,47%	24,85%	25,03%	18,06%
Avignon	Valenton	70,77%	70,77%	72,82%	60,03%
Bordeaux	Valenton	68,61%	68,61%	68,88%	49,45%
Clermont-Fd.	Valenton	40,00%	40,00%	40,14%	28,60%
Hendaye	Valenton	69,42%	95,36%	95,38%	74,41%
Montpellier	Valenton	54,56%	54,56%	54,60%	56,60%
Perpignan	Valenton	25,05%	26,93%	27,04%	42,35%
Strasbourg	Valenton	34,12%	34,12%	34,25%	31,74%
Toulouse	Valenton	91,79%	94,26%	94,28%	79,29%
Vénissieux	Valenton	30,92%	30,92%	34,80%	43,69%
Lille	Vénissieux	20,32%	22,06%	22,13%	35,10%
Nantes	Vénissieux	42,59%	42,59%	42,93%	42,86%
Toulouse	Vénissieux	27,30%	27,30%	27,49%	26,00%
Valenton	Vénissieux	40,80%	41,67%	44,11%	43,12%

Nous constatons que les parts de marché calculées restent plus ou moins cohérentes quelle que soit la formule employée (quelques cas exceptionnels, Lille - Avignon ; Lille - Perpignan ; Toulouse - Strasbourg). Par définition, nous utiliserons les données S3 comme la variable dépendante.

2. - Variables explicatives

Il importe de définir des variables explicatives, pour appréhender les comparaisons afin de faire apparaître une loi de choix entre les deux modes concurrents, sur lesquels ces variables se rapportent le mieux à la variable expliquée (la part de marché).

Toutefois, le choix des variables permettant d'estimer comment les parts de marché du transport combiné se forment n'est pas évident. Virtuellement, une large gamme de variables pourrait être incluse dans un modèle de choix, mais certaines variables sont étroitement en corrélation et, quant à d'autres, les données ne sont pas toujours disponibles. Nous avons réussi à collecter les données quantitatives telles que le prix, le temps, la distance, la fréquence des acheminements, et les données qualitatives telles que les plages horaires de départ et d'arrivée, le mode opératoire des acheminements du transport combiné. Ces variables figurent au tableau 4-1b. Les données sont disponibles pour toutes les liaisons retenues.

En fait, nous nous attendons intuitivement à ce que :

- la variation de qualité de service (le prix, le temps, la fréquence) entraîne une variation de la part de marché du transport combiné ;
- la variation des plages horaires de départ et d'arrivée a - t - elle aussi une influence sur la part de marché du transport combiné.

Tableau 4-1b : Récapitulation des variables explicatives

Liaison		Transport combiné							Transport routier		
De	Vers	Pf	T1	D1	F1	M	HD	HA	P2	T2	D2
Lille	Avignon	157	9,83	819	3	1	3	2	220	11,92	927
Nantes	Avignon	145	13,00	827	1	0	4	7	225	12,75	908
Valenton	Avignon	81	8,25	593	3	1	3	2	170	9,08	719
Lille	Bordeaux	132	12,17	713	1	1	2	4	190	10,25	791
Marseille	Bordeaux	129	8,75	592	1	1	4	3	150	8,00	618
Noisy	Bordeaux	68	8,00	511	1	1	5	3	140	7,33	570
Valenton	Bordeaux	68	7,58	494	1	1	5	2	145	7,33	583
Vénissieux	Bordeaux	142	11,08	711	1	1	4	5	165	10,17	600
Toulouse	Le Havre	222	21,50	889	1	0	1	7	225	13,42	897
Avignon	Lille	157	12,25	819	2	1	3	5	220	11,92	927
Vénissieux	Lille	114	10,58	635	1	1	4	4	165	8,83	681
Lille	Marseille	149	10,75	914	2	1	3	3	240	13,00	1015
Noisy	Marseille	89	10,75	708	1	1	3	4	190	10,08	794
Valenton	Marseille	89	8,42	690	3	1	4	3	190	10,17	807
Strasbourg	Montpellier	203	14,50	733	1	0	1	6	205	11,33	838
Valenton	Montpellier	107	10,58	677	1	1	3	4	195	10,75	818
Vénissieux	Nantes	99	10,75	650	1	1	4	4	195	10,75	818
Avignon	Noisy	81	9,25	612	1	1	4	3	170	8,92	706
Bordeaux	Noisy	68	7,92	511	1	1	5	3	140	7,33	570
Hendaye	Noisy	123	21,50	649	1	0	1	7	180	9,75	752
Marseille	Noisy	89	10,50	708	1	1	3	3	190	10,08	794
Strasbourg	Noisy	71	7,83	419	1	1	4	2	125	6,25	497
Lille	Perpignan	163	18,00	1042	1	0	5	7	275	15,50	1179
Avignon	Strasbourg	114	12,25	649	1	1	4	6	180	9,58	732
Montpellier	Strasbourg	203	19,50	733	1	0	2	7	205	11,33	838
Toulouse	Strasbourg	156	19,42	946	1	0	1	7	255	14,17	1076
Lille	Toulouse	142	14,50	899	2	1	2	6	240	13,25	1035
Mulhouse	Toulouse	185	13,25	815	1	0	1	5	230	12,58	972
Noisy	Toulouse	86	8,00	697	2	1	4	2	195	10,33	814
Valenton	Toulouse	86	9,75	678	2	1	4	3	195	10,50	827
Vénissieux	Toulouse	111	9,42	479	1	1	4	3	145	7,67	583
Avignon	Valenton	81	8,25	593	2	1	3	2	170	9,08	719
Bordeaux	Valenton	68	9,58	494	2	1	4	3	145	7,33	583
Clermont-Fd.	Valenton	123	15,75	395	1	0	2	7	110	6,17	393
Hendaye	Valenton	123	12,83	719	1	0	1	3	185	9,83	765
Montpellier	Valenton	107	11,00	677	1	1	3	4	195	10,75	818
Perpignan	Valenton	152	9,83	820	2	1	2	2	230	12,58	971
Strasbourg	Valenton	71	9,17	431	1	0	4	3	125	6,42	508
Toulouse	Valenton	86	9,83	678	2	1	4	3	195	10,50	827
Vénissieux	Valenton	73	6,83	417	2	1	4	1	120	6,00	473
Lille	Vénissieux	114	10,92	635	1	1	3	4	165	8,83	681
Nantes	Vénissieux	99	9,83	650	1	1	4	4	195	10,75	818
Toulouse	Vénissieux	111	10,50	479	1	1	4	4	145	7,67	583
Valenton	Vénissieux	73	8,17	417	2	1	4	3	120	6,00	473

Les variables d'offre de transport combiné telles que le prix P_1 , le temps T_1 , la fréquence F_1 , révèlent une relation proportionnelle avec la part de marché, tandis que les différences (ou les rapports) entre ces variables d'offre pour les deux modes concurrents, donnent une idée de partage modal à partir de la différence de qualité de service des deux techniques comparées.

Par conséquent, l'ensemble des variables explicatives peut être introduit dans un modèle de partage modal dont les codifications sont :

- D_1 : Distance taxée inter chantiers combinés ;
- D_2 : Distance routière interdépartementale ;
- P_1^{12} : Prix unitaire du transport combiné sur une relation donnée ;
- P_2 : Prix unitaire routier interdépartemental ;
- V_1 : Différence ($P_1 - P_2$) entre les prix des deux modes concurrents ;
- R_1 : Rapport (P_1 / P_2) entre les prix des deux modes concurrents ;
- T_1 : Temps du transport combiné de chantier à chantier ;
- T_2 : Temps du transport routier ;
- V_2 : Différence ($T_1 - T_2$) entre les temps des deux modes concurrents ;
- R_2 : Rapport (T_1 / T_2) entre les temps des deux modes concurrents ;
- F_1 : Fréquence des acheminements ; elle a été codée en fonction du nombre de relations par jour ;
- M : Mode opératoire des acheminements du transport combiné ;
il a été codé 1 pour l'organisation spéciale et 0 pour le lotissement ;
- HD : Plage horaire de départ, nous les codons de la manière suivante :
17:00-18:00 = 1 ; 18:00-19:00 = 2 ; 19:00-20:00 = 3 ; 20:00-21:00 = 4 ;
au delà de 21:00 = 5 ;

¹²Il est calculé à partir du prix de traction ferroviaire relation par relation fourni par la SNCF. Compte tenu du coût de la traction ferroviaire qui représente environ 40 % du coût total du transport combiné, nous les multiplions par 1,4 pour évaluer grossièrement les prix totaux du transport combiné de porte à porte (Josselin B., 1988).

HA : Plage horaire d'arrivée, nous les codons :

03:00-04:00 = 1 ; 04:00-05:00 = 2 ; 05:00-06:00 = 3 ; 06:00-07:00 = 4 ;

07:00-08:00 = 5 ; 08:00-09:00 = 6 ; au delà de 09:00 = 7 ;

Nous avons 44 observations qui correspondent à 44 axes principaux de transport combiné sur le plan national. L'ensemble des valeurs ainsi établies sert à la détermination des coefficients à appliquer aux variables explicatives dans le modèle, de façon à ce qu'il soit capables d'estimer, avec une bonne précision, les valeurs de la variable dépendante (la part de marché).

B. - Les modèles explicatifs utilisés

Nous avons déjà dit, dans le chapitre 2, que le problème du partage modal pourrait s'exprimer par plusieurs formes de modèle. Le travail qui suit consistera à trouver un modèle calibrant le mieux possible les données recensées.

Notre démarche vise tout d'abord à calibrer des modèles de type linéaire. C'est une supposition commode et qui présente de nombreux avantages dans une étude de régression. Nous envisageons ensuite de tester d'autres modèles "linéarisables" possibles avec l'introduction de certaines transformations des variables. Les résultats seront comparés afin de choisir le mieux adapté aux données traitées. Avant toute chose, les variables explicatives doivent rester indépendantes.

La première étape à effectuer consiste en un apprentissage des données relatives aux statistiques de base des variables : moyennes, écart-type et la matrice des coefficients de corrélation entre les couples de variables, ces quantités sont fournies au tableau 4-2. Une matrice de coefficients de corrélation est utile pour relever éventuellement les "multicollinéarités" parmi les variables explicatives, problèmes couramment connus dans les études de régression multiple.

Tableau 4-2 : Moyenne, écart type et corrélation entre les variables (44 observations)

Variable	S3	P1	V1	R1	T1	V2	R2	D1	F1	M	HD	HA	D2
Moyenne	0,45	162,59	- 20,48	0,89	11,40	1,51	1,20	664,02	1,39	0,75	3,23	3,98	756,77
Ecart type	0,27	56,40	42,23	0,24	3,70	3,04	0,34	155,391	0,62	0,44	1,20	1,73	176,50

Corrélation													
S3	1,00												
P1	-0,55	1,00											
V1	-0,61	0,73	1,00										
R1	-0,60	0,74	0,97	1,00									
T1	-0,46	0,74	0,51	0,56	1,00								
V2	-0,43	0,36	0,60	0,60	0,78	1,00							
R2	-0,40	0,22	0,57	0,61	0,62	0,95	1,00						
D1	-0,19	0,71	0,04	0,10	0,55	- 0,08	- 0,26	1,00					
F1	0,43	- 0,16	- 0,31	- 0,31	- 0,34	- 0,46	- 0,41	0,08	1,00				
M	0,28	- 0,58	- 0,51	- 0,53	- 0,76	- 0,68	- 0,60	- 0,30	0,37	1,00			
HD	0,30	- 0,65	- 0,50	- 0,51	- 0,66	- 0,48	- 0,39	- 0,42	0,07	0,55	1,00		
HA	- 0,47	0,67	0,49	0,56	0,89	0,69	0,58	0,470	- 0,45	- 0,68	- 0,44	1,00	
D2	- 0,10	0,61	- 0,10	- 0,05	0,48	- 0,17	- 0,34	0,96	0,15	- 0,24	- 0,39	0,39	1,00

Un examen du tableau 4-2 révèle que les variables explicatives suivantes sont fortement corrélées entre : la différence des prix V_1 et le rapport des prix R_1 pour les deux modes concurrents ; la différence des temps V_2 et le rapport des temps R_2 des temps pour les deux modes concurrents ; la distance du transport combiné D_1 et la distance routière D_2 ; le temps du transport combiné T_1 et les plages horaires d'arrivée HA ;

Le même modèle ne doit pas, par conséquent, garder ces variables corrélées. Il est à noter que la variable distance n'est pas retenue dans les équations car notre échantillon ne représente que des liaisons à longue distance avec une part de marché importante pour le transport combiné. Cette dernière n'obéit donc pas à une tendance proportionnelle en fonction de la distance parcourue. L'introduction des variables de différence des prix V_1 (ou rapport des prix R_1) dans les équations fait l'objet de savoir si les deux modes concurrents dont les prix moins chers augmenteront sa part de marché. Ceci s'appliquera également pour les effets des variables de différence des temps V_2 (ou rapport des temps R_2) de deux modes comparés.

Les différentes codifications et hypothèses définies ci-dessus nous ont permis de tester six modèles suivants dont les quatre premiers sont de type linéaire, le cinquième est de type log-linéaire et le dernier est de type "logistique".

Modèle 1 :

$$S3 = \beta_0 + \beta_1 P_1 + \beta_2 (P_1 - P_2) + \beta_3 T_1 + \beta_4 (T_1 - T_2) + \beta_5 F_1 + \beta_6 M + \beta_7 HD$$

Modèle 2 :

$$S3 = \beta_0 + \beta_1 P_1 + \beta_2 (P_1 - P_2) + \beta_3 (T_1 - T_2) + \beta_4 F_1 + \beta_5 M + \beta_6 HD + \beta_7 HA$$

Modèle 3 :

$$S3 = \beta_0 + \beta_1 P_1 + \beta_2 \left(\frac{P_1}{P_2} \right) + \beta_3 T_1 + \beta_4 \left(\frac{T_1}{T_2} \right) + \beta_5 F_1 + \beta_6 M + \beta_7 HD$$

Modèle 4 :

$$S3 = \beta_0 + \beta_1 P_1 + \beta_2 \left(\frac{P_1}{P_2} \right) + \beta_3 \left(\frac{T_1}{T_2} \right) + \beta_4 F_1 + \beta_5 M + \beta_6 HD + \beta_7 HA$$

Modèle 5 :

$$\begin{aligned} \log \left(\frac{S3}{1-S3} \right) &= \log Y3 = \\ &\beta_0 + \beta_1 \left(\log \frac{P_1}{P_2} \right) + \beta_2 \left(\log \frac{T_1}{T_2} \right) + \beta_3 F_1 + \beta_4 M + \beta_5 \log HD + \beta_6 \log HA \end{aligned}$$

Modèle 6 :

$$S3 = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 (P_1 - P_2) + \beta_2 (T_1 - T_2) + \beta_3 F_1 + \beta_4 M + \beta_5 HD + \beta_6 HA}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 (P_1 - P_2) + \beta_2 (T_1 - T_2) + \beta_3 F_1 + \beta_4 M + \beta_5 HD + \beta_6 HA}}$$

après la formule transformée :

$$\log \left(\frac{S3}{1-S3} \right) = \log Y3 = \beta_0 + \beta_1 (P_1 - P_2) + \beta_2 (T_1 - T_2) + \beta_3 F_1 + \beta_4 M + \beta_5 HD + \beta_6 HA$$

Tableau 4-3a : Estimation des coefficients de régression du modèle 1

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	1,184	0,378	3,131
P1	- 0,011	0,008	- 1,472
V1	0,007	0,007	0,946
T1	0,145	0,127	1,141
V2	- 0,174	0,131	- 1,327
F1	0,136	0,058	2,334**
M	- 0,245	0,113	- 2,175**
HD	- 0,036	0,039	- 0,925
n = 44	R ² = 0,549	F = 6,264	

$t(36 ; 0,05) = 2,028$; $t(36 ; 0,10) = 1,688$;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-3b : Estimation des coefficients de régression du modèle 2

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	1,005	0,353	2,848
P1	- 0,003	0,002	- 1,828*
V1	- 0,001	0,002	- 0,617
V2	- 0,031	0,025	- 1,220
F1	0,135	0,062	2,188**
M	- 0,242	0,115	- 2,107**
HD	- 0,028	0,042	- 0,676
HA	0,013	0,044	0,291
n = 44	R ² = 0,534	F = 5,891	

$t(36 ; 0,05) = 2,028$; $t(36 ; 0,10) = 1,688$;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-3c : Estimation des coefficients de régression du modèle 3

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	1,571	0,387	4,061
P1	- 0,007	0,004	- 1,789*
R1	0,656	0,760	0,863
T1	0,050	0,048	1,046
R2	- 0,797	0,522	- 1,527
F1	0,157	0,059	2,661**
M	- 0,287	0,119	- 2,404**
HD	- 0,033	0,038	- 0,857
n = 44	R ² = 0,551	F = 6,819	

t(36 ; 0,05) = 2,028 ; t(36 ; 0,10) = 1,688 ;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-3d : Estimation des coefficients de régression du modèle 4

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	1,606	0,406	3,958
P1	- 0,005	0,002	- 2,246**
R1	0,110	0,376	0,292
R2	- 0,431	0,256	- 1,683
F1	0,156	0,060	2,575**
M	- 0,271	0,118	- 2,292**
HD	- 0,041	0,042	- 0,983
HA	0,034	0,042	0,809
n = 44	R ² = 0,546	F = 6,183	

t(36 ; 0,05) = 2,028 ; t(36 ; 0,10) = 1,688 ;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-3e : Estimation des coefficients de régression du modèle 5

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	- 0,739	1,260	- 0,587
VLOGP	- 3,655	0,947	- 3,858**
VLOGT	0,046	1,044	0,044
F1	0,716	0,347	2,060**
M	- 0,818	0,629	- 1,300
LOGHD	0,066	0,487	0,137
LOGHA	- 0,312	0,536	- 0,583
n = 44	R ² = 0,497	F = 6,082	

$t(37 ; 0,05) = 2,026$; $t(37 ; 0,10) = 1,687$;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-3f : Estimation des coefficients de régression du modèle 6

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	0,195	1,284	0,152
V1	- 0,018	0,006	- 3,236**
V2	0,016	0,096	0,167
F1	0,684	0,346	1,979*
M	- 1,107	0,640	- 1,731*
HD	0,058	0,195	0,299
HA	- 0,258	0,159	- 1,617
n = 44	R ² = 0,475	F = 5,572	

$t(37 ; 0,05) = 2,026$; $t(37 ; 0,10) = 1,687$;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

C. - La qualité de l'ajustement

Les six tableaux 4-3 correspondant à ceux de l'analyse de variance fournissent les synthèses des résultats pour l'échantillon initial de 44 observations.

Nous constatons que les régressions effectuées avec six modèles donnent des résultats statistiquement significatifs puisque, quelle que soit la forme utilisée, le test F de Fisher-Snedecor de la qualité de l'ajustement permet de rejeter l'hypothèse où tous les coefficients sont nuls, $H_0 : (\beta_1 = \beta_2 = \dots = 0)$ au seuil de 1 %. Autrement dit, toutes les valeurs de F obtenues qui ont 7 et 36 degrés de liberté pour les quatre premiers modèles, 6 et 37 degrés de liberté dans les deux derniers modèles, sont significatives au niveau de signification 1 % ($F_0(7, 36; 0,01) = 3,18$; $F_0(6, 37; 0,01) = 3,32$).

La meilleure valeur du coefficient de détermination multiple R^2 vaut 0,55 (modèle 3). Celle-ci est peu élevée mais suffisante pour traduire une liaison entre la part de marché S3 et les variables introduites. Il est à noter que le coefficient de détermination R^2 ne donne qu'une idée globale de la qualité de l'ajustement dans une étude de régression.

Les tests de chacun des coefficients de régression à l'aide de la statistique t de Student permettent de relever les variables significatives dans les modèles. Leur valeur du t de Student est plus élevée que la valeur minimale de référence qui valide l'hypothèse de coefficients de régression non nuls à 95 % de certitude, (avec 36 degrés de liberté, par les tables de la distribution de t de Student, $t(36; 0,05) = 2,028$; avec 37 degrés de liberté, $t(37; 0,05) = 2,026$).

La comparaison des résultats avec les valeurs du coefficient de détermination R^2 , leurs valeurs du test de F et les variables significatives dans les modèles est synthétisée au tableau 4-4.

Tableau 4-4 : Comparaison des résultats des régressions pour six modèles
(44 observations)

	R ²	Valeur de F	Variables significatives (95 %)
Modèle 1	0,549	6,264	F ₁ , M
Modèle 2	0,532	5,891	F ₁ , M
Modèle 3	0,551	6,819	F ₁ , M
Modèle 4	0,546	6,183	F ₁ , M, P ₁
Modèle 5	0,497	6,082	P ₁ , F ₁
Modèle 6	0,475	5,572	P ₁ , F ₁

Nous pouvons remarquer que les variables statistiquement représentatives pour la formation de la part de marché S3 du transport combiné sont la fréquence ferroviaire **F₁**, le prix **P₁** et le mode opératoire des acheminements **M**.

4.1.2 - Les modèles stratifiés en fonction du mode opératoire des acheminements

La signification précédente de la variable du mode opératoire des acheminements nous a suggéré une distinction entre l'organisation spéciale et le lotissement dans l'ensemble du marché des transports, où le transport combiné et le transport routier se font concurrence. En fait, comme le suggère l'étude bibliographique qui précède, la politique du développement du transport combiné se différencie pour ces deux modes opératoires. Une étude séparée est aussi intéressante pour le responsable des transports car elle lui permet de mieux prévoir l'impact de son action.

Nous avons donc opéré une stratification selon le mode opératoire des acheminements qui nous a conduit à diviser l'échantillon initial en deux sous-échantillons. Le premier regroupe les 33 liaisons correspondant à celles de l'organisation spéciale ; le second comporte les 11 liaisons du lotissement. Pour chacun de ces deux échantillons, nous avons appliqué des modèles

identiques à ceux de l'échantillon initial. La seule différence en est la suppression de la variable du mode opératoire des acheminements à partir de laquelle nous avons effectué la stratification.

A. - L'organisation spéciale (O.S.)

L'observation de la matrice des corrélations du tableau 4-5 nous a conduit à appliquer les six modèles suivants :

Modèle 7 :

$$S3 = \beta_0 + \beta_1 P_1 + \beta_2 (P_1 - P_2) + \beta_3 T_1 + \beta_4 (T_1 - T_2) + \beta_5 F_1 + \beta_6 HD$$

Modèle 8 :

$$S3 = \beta_0 + \beta_1 P_1 + \beta_2 (P_1 - P_2) + \beta_3 (T_1 - T_2) + \beta_4 F_1 + \beta_5 HD + \beta_6 HA$$

Modèle 9 :

$$S3 = \beta_0 + \beta_1 P_1 + \beta_2 \left(\frac{P_1}{P_2} \right) + \beta_3 T_1 + \beta_4 \left(\frac{T_1}{T_2} \right) + \beta_5 F_1 + \beta_6 HD$$

Modèle 10 :

$$S3 = \beta_0 + \beta_1 P_1 + \beta_2 \left(\frac{P_1}{P_2} \right) + \beta_3 \left(\frac{T_1}{T_2} \right) + \beta_4 F_1 + \beta_5 HD + \beta_6 HA$$

Modèle 11 :

$$\log \left(\frac{S3}{1-S3} \right) = \log Y3 = \beta_0 + \beta_1 \left(\log \frac{P_1}{P_2} \right) + \beta_2 \left(\log \frac{T_1}{T_2} \right) + \beta_3 F_1 + \beta_4 \log HD + \beta_5 \log HA$$

Modèle 12 :

$$S3 = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1(P_1 - P_2) + \beta_2(T_1 - T_2) + \beta_3F_1 + \beta_4HD + \beta_5HA}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1(P_1 - P_2) + \beta_2(T_1 - T_2) + \beta_3F_1 + \beta_4HD + \beta_5HA}}$$

après la formule transformée :

$$\log\left(\frac{S3}{1-S3}\right) = \log Y3 = \beta_0 + \beta_1(P_1 - P_2) + \beta_2(T_1 - T_2) + \beta_3F_1 + \beta_4HD + \beta_5HA$$

Tableau 4-5 : Moyenne, écart type et corrélation entre les variables (33 observations)

Variable	S3	P1	V1	R1	T1	V2	R2	D1	F1	HD	HA	D2
Moyenne	0,49	143,95	- 32,87	0,82	9,80	0,34	1,10	637,52	1,52	3,61	3,30	732,49
Ecart type	0,27	39,98	30,60	0,17	1,64	1,49	0,16	131,50	0,67	0,79	1,16	152,43
Corrélation												
S3	1,00											
P1	- 0,56	1,00										
V1	- 0,76	0,59	1,00									
R1	- 0,80	0,71	0,98	1,00								
T1	- 0,39	0,68	0,20	0,32	1,00							
V2	- 0,42	- 0,17	0,41	0,33	0,23	1,00						
R2	- 0,40	- 0,20	0,45	0,35	0,12	0,98	1,00					
D1	- 0,07	0,75	- 0,06	0,09	0,67	- 0,53	- 0,60	1,00				
F1	0,41	0,10	- 0,22	- 0,19	- 0,17	- 0,55	- 0,50	0,28	1,00			
HD	0,24	- 0,61	- 0,09	- 0,19	- 0,60	0,19	0,23	- 0,66	- 0,26	1,00		
HA	- 0,35	0,44	0,22	0,30	0,86	0,44	0,33	0,39	- 0,37	- 0,21	1,00	
D2	0,07	0,62	- 0,26	- 0,10	0,61	- 0,60	- 0,67	0,94	0,34	- 0,67	0,29	1,00

Tableau 4-6a : Estimation des coefficients de régression du modèle 7

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	0,297	0,471	0,630
P1	- 0,011	0,007	- 1,498
V1	0,004	0,007	0,635
T1	0,164	0,121	1,360
V2	- 0,177	0,121	- 1,467
F1	0,139	0,054	2,604**
HD	0,050	0,054	0,930
n = 33	R ² = 0,728	F = 11,590	

t(26 ; 0,05) = 2,056 ; t(26 ; 0,10) = 1,706 ;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-6b : Estimation des coefficients de régression du modèle 8

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	0,465	0,603	0,770
P1	- 0,004	0,003	- 1,178
V1	- 0,003	0,003	- 0,872
V2	- 0,060	0,056	- 1,069
F1	0,130	0,054	2,414**
HD	0,029	0,065	0,443
HA	0,052	0,059	0,891
R ² = 0,717	F = 10,986		

t(26 ; 0,05) = 2,056 ; t(26 ; 0,10) = 1,706 ;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-6c : Estimation des coefficients de régression du modèle 9

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	1,215	0,433	2,803
P1	- 0,008	0,004	- 2,224**
R1	0,372	0,632	0,588
T1	0,010	0,049	2,018*
R2	- 1,154	0,458	- 2,520**
F1	0,149	0,052	2,884**
HD	0,052	0,050	1,030
n = 33	R ² = 0,754	F = 13,302	

$t(26 ; 0,05) = 2,056$; $t(26 ; 0,10) = 1,706$;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-6d : Estimation des coefficients de régression du modèle 10

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	1,700	0,478	3,557
P1	- 0,005	0,003	- 1,773*
R1	- 0,207	0,474	- 0,437
R2	- 0,784	0,366	- 2,141**
F1	0,133	0,051	2,587**
HD	0,013	0,055	0,245
HA	0,065	0,041	1,562
R ² = 0,740	F = 12,345		

$t(26 ; 0,05) = 2,056$; $t(26 ; 0,10) = 1,706$;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-6e : Estimation des coefficients de régression du modèle 11

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	- 4,249	1,376	- 3,087
VLOGP	- 4,680	0,851	- 5,497**
VLOGT	- 1,009	1,252	- 0,806
F1	0,807	0,292	2,768**
LOGHD	1,224	0,727	1,684
LOGHA	0,496	0,474	1,045
n = 33	R ² = 0,7112	F = 13,342	

$t(27 ; 0,05) = 2,052$; $t(27 ; 0,10) = 1,703$,

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-6f : Estimation des coefficients de régression du modèle 12

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	- 3,859	1,364	- 2,830
V1	- 0,031	0,006	- 5,325**
V2	- 0,00008	0,148	- 0,001
F1	0,825	0,302	2,731**
HD	0,454	0,231	1,970*
HA	0,009	0,168	0,051
n = 33	R ² = 0,687	F = 11,837	

$t(27 ; 0,05) = 2,052$; $t(27 ; 0,10) = 1,703$;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Nous avons regroupé dans les tableaux 4-6 les résultats des six modèles utilisés (modèles 7 à 12). La lecture de ces tableaux révèle une qualité de l'ajustement nettement plus significative que celle de l'analyse basée sur l'ensemble de l'échantillon initial.

Les fortes valeurs de F indiquent, de nouveau, que l'ajustement permet de rejeter l'hypothèse de nullité de tous les coefficients au seuil de 1 % ($F_0(6, 26 ; 0,01) = 3,59$ et $F_0(5, 27 ; 0,01) = 3,79$). Nous constatons que la meilleure valeur du coefficient de détermination R^2 de l'organisation spéciale (0,75) est en amélioration de plus de 36 % par rapport à celui de l'échantillon initial (0,55).

Les tests de t de Student confirment les variables qui ont été significatives dans les modèles précédents ($t(26 ; 0,05) = 2,056$; $t(27 ; 0,05) = 2,052$). De plus, d'autres variables explicatives telles que les plages horaires de départ **HD**, le temps du transport **T₁**, le logarithme de la différence des prix des deux modes **VlogP** et le rapport du temps des deux modes **R₂** se sont révélées également significatives

L'ensemble de ces résultats avec les valeurs du coefficient de détermination R^2 , du test F et les variables significatives dans les modèles sont synthétisés au tableau 4-7.

Tableau 4-7 : Comparaison des résultats des régressions pour les six modèles (7 à 12)
(33 observations)

	R^2	Valeur de F	Variables significatives (95 %)
Modèle 7	0,728	11,590	F₁
Modèle 8	0,717	10,986	F₁
Modèle 9	0,754	13,302	F₁, R₂, P₁, T₁
Modèle 10	0,740	12,345	F₁, R₂
Modèle 11	0,712	13,342	VlogP, F₁
Modèle 12	0,687	11,837	VlogP, F₁, HD

B. - Lotissement

Par rapport aux modèles stratifiés appliqués à l'organisation spéciale, la variable F_1 est invariante (toujours égale à 1), ce qui rend infinie la résolution du système avec la méthode de moindres carrés. Nous ne pouvons donc pas l'appliquer à l'échantillon du lotissement. Les modèles possibles sont :

Modèle 13 :

$$S3 = \beta_0 + \beta_1 P_1 + \beta_2 (P_1 - P_2) + \beta_3 T_1 + \beta_4 (T_1 - T_2) + \beta_5 HD$$

Modèle 14 :

$$S3 = \beta_0 + \beta_1 P_1 + \beta_2 (P_1 - P_2) + \beta_3 (T_1 - T_2) + \beta_4 HD + \beta_5 HA$$

Modèle 15 :

$$S3 = \beta_0 + \beta_1 P_1 + \beta_2 \left(\frac{P_1}{P_2} \right) + \beta_3 T_1 + \beta_4 \left(\frac{T_1}{T_2} \right) + \beta_5 HD$$

Modèle 16 :

$$S3 = \beta_0 + \beta_1 P_1 + \beta_2 \left(\frac{P_1}{P_2} \right) + \beta_3 \left(\frac{T_1}{T_2} \right) + \beta_4 HD + \beta_5 HA$$

Modèle 17 :

$$\log \left(\frac{S3}{1-S3} \right) = \log Y3 = \beta_0 + \beta_1 \left(\log \frac{P_1}{P_2} \right) + \beta_2 \left(\log \frac{T_1}{T_2} \right) + \beta_3 \log HD + \beta_4 \log HA$$

Modèle 18 :

$$S3 = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1(P_1 - P_2) + \beta_2(T_1 - T_2) + \beta_3HD + \beta_4HA}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1(P_1 - P_2) + \beta_2(T_1 - T_2) + \beta_3HD + \beta_4HA}}$$

après la formule transformée :

$$\log\left(\frac{S3}{1-S3}\right) = \log Y3 = \beta_0 + \beta_1(P_1 - P_2) + \beta_2(T_1 - T_2) + \beta_3HD + \beta_4HA$$

Tableau 4-8a : Estimation des coefficients de régression du modèle 13

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	1,242	0,740	1,677
P1	- 0,009	0,021	- 0,431
V1	0,007	0,019	0,375
T1	0,106	0,340	0,311
V2	- 0,142	0,355	- 0,401
HD	- 0,045	0,081	- 0,556
n = 11	R ² = 0,370	F = 0,587	

$t(5 ; 0,05) = 2,571$; $t(5 ; 0,10) = 2,015$;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-8b : Estimation des coefficients de régression du modèle 14

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	1,021	0,522	1,957
P1	- 0,002	0,003	- 0,536
V1	0,001	0,003	0,269
V2	- 0,019	0,041	- 0,461
HD	- 0,013	0,081	- 0,157
HA	- 0,043	0,096	- 0,445
n = 11	R ² = 0,382	F = 0,619	

$t(5 ; 0,05) = 2,571$; $t(5 ; 0,10) = 2,015$;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-8c : Estimation des coefficients de régression du modèle 15

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	1,653	0,668	2,476
P1	- 0,020	0,014	- 1,465
R1	3,526	2,526	1,396
T1	0,168	0,141	1,187
R2	- 2,315	1,640	- 1,411
HD	- 0,043	0,059	- 0,726
n = 11	R ² = 0,532	F = 1,137	

$t(5 ; 0,05) = 2,571$; $t(5 ; 0,10) = 2,015$;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-8d : Estimation des coefficients de régression du modèle 16

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	1,088	0,683	1,593
P1	- 0,003	0,004	- 0,741
R1	0,461	0,670	0,689
R2	- 0,277	0,451	- 0,614
HD	- 0,013	0,080	- 0,165
HA	- 0,032	0,100	- 0,326

n = 11 $R^2 = 0,4126$ F = 0,702

$t(5 ; 0,05) = 2,571$; $t(5 ; 0,10) = 2,015$;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-8e : Estimation des coefficients de régression du modèle 17

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	4,084	2,471	1,653
VLOGP	0,843	2,263	0,373
VLOGT	- 0,263	1,733	- 0,152
LOGHD	0,265	0,726	0,365
LOGHA	- 2,832	1,425	- 1,987*

n = 11 $R^2 = 0,423$ F = 1,101

$t(6 ; 0,05) = 2,447$; $t(6 ; 0,10) = 1,943$;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Tableau 4-8f : Estimation des coefficients de régression du modèle 18

Variable	Coefficient	Ecart type	t
Constante	2,321	1,859	1,249
V1	- 0,001	0,011	- 0,111
V2	- 0,014	0,151	- 0,093
HD	0,033	0,375	0,088
HA	- 0,511	0,330	- 1,547

n = 11 $R^2 = 0,380$ F = 0,921

$t(6 ; 0,05) = 2,447$; $t(6 ; 0,10) = 1,943$;

** coefficient significatif au seuil de 5 % ;

* coefficient significatif au seuil de 10 %.

Les tableaux 4-8 dans l'analyse de variance montrent qu'aucun des six modèles utilisés n'est significatif. Les tests de F ne permettent pas de rejeter l'hypothèse où tous les coefficients sont nuls ($F_0(5, 5 ; 0,01) = 10,97$; $F_0(4, 6 ; 0,01) = 9,15$). Une seule variable s'est avérée significative : logarithme des plages horaires d'arrivée (modèle 17). Nous avons remarqué que la meilleure valeur du coefficient de détermination vaut 0,532 (modèle 15).

L'ensemble de ces résultats avec les valeurs du coefficient de détermination R^2 , du test F et les variables significatives dans les modèles sont synthétisés au tableau 4-9.

Tableau 4-9 : Comparaison des résultats des régressions pour six modèles (13 - 18)
(11 observations)

	R^2	Valeur de F	Variables significatives (95 %)
Modèle 13	0,370	0,587	—
Modèle 14	0,382	0,619	—
Modèle 15	0,532	1,137	—
Modèle 16	0,413	0,702	—
Modèle 17	0,423	1,101	Log HA
Modèle 18	0,380	0,921	—

4.1.3 - Interprétation des résultats des modèles agrégés

Nous commencerons par analyser les résultats des modèles appliqués à l'ensemble de l'échantillon. Nous nous intéresserons ensuite aux modifications apportées par les modèles appliqués aux deux strates de notre échantillon : l'une pour l'organisation spéciale et l'autre pour le lotissement.

A. - Deux variables expliquent particulièrement la part de marché du transport combiné : la fréquence des acheminements et le prix du transport combiné

1. - Fréquence des acheminements

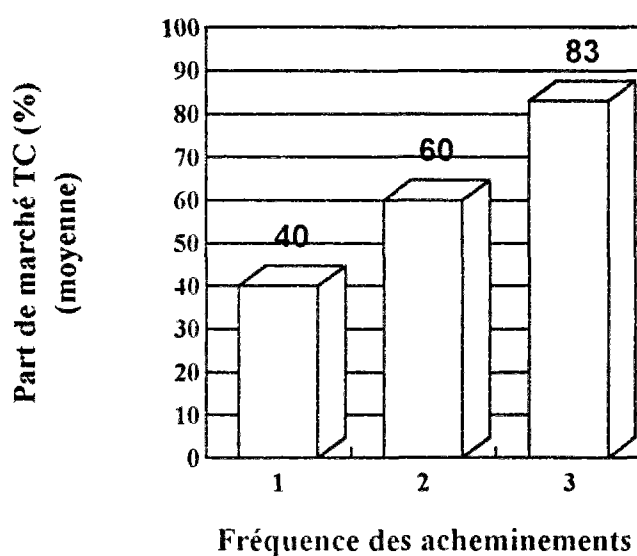
Quels que soient les modèles utilisés appliqués à l'ensemble de l'échantillon, la variable fréquence des acheminements F_1 est toujours affectée d'un coefficient significatif. La forte valeur du coefficient de cette variable indique qu'elle contribue de manière importante à la formation de la part de marché du transport combiné. Ceci indique qu'il faut donc bien adapter la fréquence des acheminements au marché afin d'augmenter la part de marché.

Dans les modèles stratifiés appliqués à l'organisation spéciale, les résultats obtenus permettent donc de confirmer l'influence de la fréquence sur la part de marché du transport combiné. On montre, dans la figure 4-1, une relation apparente entre la moyenne de la part de marché du transport combiné, calculée par tranche de fréquence, et la fréquence des acheminements.

2. - Prix du transport combiné

La variable prix du transport combiné P_1 , moins explicative que la fréquence, est significative (respectivement au seuil de 10 % et 5 %) dans les modèles 3 et 4 parmi ceux appliqués à

**Figure 4-1 : La part moyenne de marché du transport combiné
en fonction de la fréquence des acheminements**



l'ensemble de l'échantillon. Quant aux variables V_1 et $V\log P$ (respectivement la différence et la différence du logarithme des prix des deux modes), les signes négatifs de ces coefficients significatifs indiquent que l'augmentation du prix de transport combiné fait diminuer sa part de marché, alors que l'inverse la fait augmenter.

B. - Une variable sans grande influence sur la part de marché : le temps du transport combiné

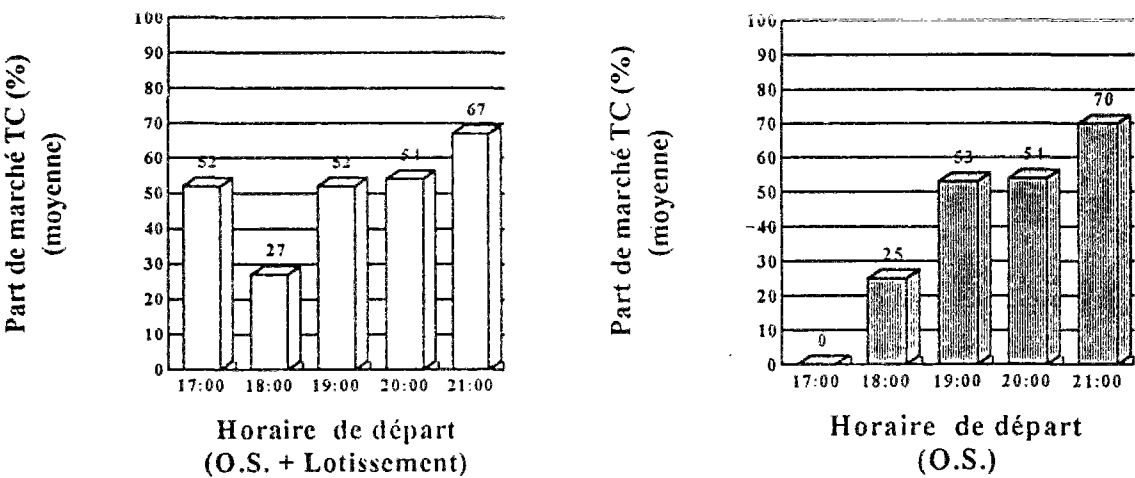
Cette variable n'est jamais affectée d'un coefficient significatif dans les modèles appliqués à l'ensemble de l'échantillon, elle le devient dans ceux de l'échantillon de l'organisation spéciale.

La stratification selon le mode opératoire des acheminements s'avère donc utile pour préciser l'influence du temps. En fait, le temps de transport combiné dans l'ensemble de l'échantillon paraît insensible du fait qu'il est notablement corrélé, à l'aide de la matrice des corrélations, avec le mode opératoire des acheminements (-0,76), la différence du temps des deux modes (0,78), le prix du transport combiné (0,74), etc.

C. - La prolongation des plages horaires de départ augmente la part de marché du transport combiné

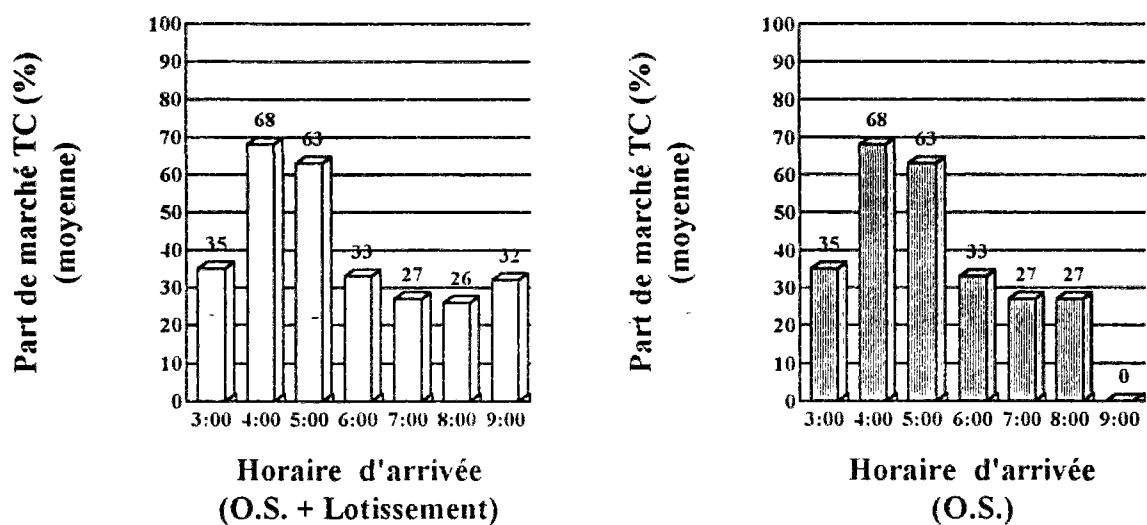
La figure 4-2 montre que la part de marché du transport combiné serait plus élevée si les plages horaires de départ étaient prolongées, surtout celles pour les départs de l'organisation spéciale. En fait, pour l'ensemble des départs (O.S. + lotissement), la tranche de 17h00 ne comporte que les départs du lotissement. Les résultats économétriques du modèle 12 confirment cette tendance car le coefficient de variable HD est devenu significatif (au seuil de 10 %) dans la strate de l'organisation spéciale.

Figure 4-2 : La part moyenne de marché du transport combiné en fonction des plages horaires de départ



Prenons la figure 4-3, il est intéressant d'observer que la part moyenne de marché du transport combiné serait moins importante entre les tranches horaires de 4h00 à 8h00 si les horaires d'arrivée étaient prolongés. Il est à noter que la tranche de 9h00 comporte plusieurs liaisons dont les tranches horaires sont au delà de 9h00, alors que la tranche de 3h00 ne comporte qu'une liaison (Vénissieux - Valenton).

**Figure 4-3 : La part moyenne de marché du transport combiné
en fonction des plages horaires d'arrivée**



D. - Les modèles stratifiés appliqués à l'organisation spéciale expliquent mieux les données

Nous constatons que les coefficients de détermination R^2 et leurs tests globaux de F sont toujours supérieurs dans la strate de l'organisation spéciale à ceux appliqués à l'ensemble de l'échantillon, ce qui semble confirmer que les modèles stratifiés utilisés pour l'organisation spéciale expliquent mieux la part de marché du transport combiné.

4.2 - Résultats des modèles désagrégés sur l'enquête de l'INRETS

4.2.1 - Description de l'échantillon et de ses filtres

A. - Description de l'échantillon

L'enquête auprès des chargeurs menée par l'INRETS en 1988 nous fournit, pour les besoins d'une approche qualitative de la modélisation désagrégée du choix du mode de transport, un échantillon initial de 2899 observations (envois) dont la distance est supérieure à 200 km.

Pour cet échantillon, les moyennes des variables retenues, leur écart type, leur minimum et leur maximum sont présentés au tableau 4-10.

Tableau 4-10 : L'échantillon initial (2899 observations)

Variable	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum	Nb. données manquantes
Distance (km)	759	1207	200	14558	—
Poids (t)	5,73	31,39	0,001	728,25	126
Valeur (F)	131567	667338	40	15000000	818
Prix (F)	2748	14607	12	250000	1502
HD	1,68	0,54	1	3	100
HA	1,49	0,58	1	3	252

On peut remarquer que ces données présentent quelques inconvénients : d'une part, la domination des envois hors transports combinés (seulement 83 envois concernés, représentent 2,9 % dans l'échantillon) ; d'autre part, l'importance d'écart type de variables se traduit par la dispersion des données due effectivement aux nombreux petits envois (54,3 % des envois ont un poids inférieur à 1 t).

Malgré ces insuffisances, il est toutefois intéressant de tester les alternatives du choix du transport combiné parmi l'ensemble des envois enquêtés. L'enquête représente, à notre connaissance, la seule source disponible en France permettant de conduire à une analyse désagrégée. De plus, certaines informations, telles que le poids, la valeur, les catégories d'activités définies à partir du code APE des chargeurs en retenant 20 catégories, sont constituées de données supplémentaires par rapport aux résultats obtenus dans le cadre de l'analyse agrégée. Nous nous attendons surtout à répondre à ce type de questions :

- quelles catégories d'activités de chargeurs sont sensibles au choix du transport combiné ?
- quel classement de l'ordre de préférence vis-à-vis du transport combiné ?
- quelles caractéristiques des envois influencent le choix des chargeurs pour le transport combiné ?

B. - les filtres

L'une des tâches les plus délicates de cette approche a été d'établir une base de données homogène avec le souci de conserver le maximum d'informations pour les envois effectués par transport combiné. Ce travail a été accompli avec de nombreux filtres nécessaires sur l'échantillon initial dont les critères du choix figurent au tableau 4-11.

Tableau 4-11 : Critères de filtres

Echantillon	Filtre	Nb. obs. par TC	Nb. obs.	Critères
E₀	Echantillon initial	83	2899	—
E₁	Selon la distance (1).	77	2054	300 < distance < 1000 km
E₂	Selon (1) et le poids (2).	69	1334	0 < poids < 2000 kg
E₃	Selon (1), (2) et la valeur.	59	1196	0 < valeur < 50000 F

Il est à noter que les choix de ces critères reposent sur les calculs de tableaux croisés dont les résultats figurent à l'annexe IV. Un tableau croisé permet de donner la distribution combinée

entre le mode de transport choisi et chaque variable explicative de l'échantillon, par tranches les plus détaillées possibles.

La taille de l'échantillon, après mise en place des filtres, représente 1803 observations. Ce chiffre est important, mais nous nous heurtons toutefois à un grand nombre de données manquantes dans les traitements informatiques en cours.

Les moyennes de variables après filtres, leur écart type, leur minimum et leur maximum font l'objet du tableau 4-12.

Tableau 4-12 : L'échantillon après filtres

Variable	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
E₁ : Selon la distance (2054 observations)				
Distance (km)	575	181	301	992
Poids (kg)	4895	30234	1	728350
Valeur (F)	90687	360728	50	7280000
PRIX (F)	1850	9277	12	209520
HD	1,69	0,54	1	3
HA	1,48	0,57	1	3
E₂ : Selon la distance et le poids (1334 observations)				
Distance (km)	578	183	301	989
Poids (kg)	254	403	1	1983
Valeur (F)	28578	104039	50	1460000
Prix (F)	495	835	12	9400
HD	1,71	0,53	1	3
HA	1,50	0,56	1	3
E₃ : Selon la distance, le poids et la valeur (1196 observations)				
Distance (km)	573	182	301	989
Poids (kg)	212	349	1	1965
Valeur (F)	11066	11202	50	49910
Prix (F)	385	507	12	4200
HD	1,73	0,52	1	3
HA	1,49	0,57	1	3

Nous constatons une amélioration très nette des valeurs de l'écart type des variables. Les envois effectués par le transport combiné après filtres représentent 5 % environ des envois du nouvel échantillon, ce qui correspond également, à l'heure actuelle, à la part réelle du marché du transport combiné dans le transport intérieur français.

4.2.2 - La codification et les tests

A. - La codification

La construction d'un modèle nécessite d'abord de déterminer le nombre de variables et d'en définir une codification. Dans nos modèles, la variable à expliquer est le mode choisi ; elle a été codée 1 lorsque le transport combiné a été choisi et 0 dans le cas du transport routier.

Rappelons que le modèle utilisé est celui de la forme "logit" dont la probabilité de choix s'écrit :

$$P(tc) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p}}$$

Il convient de présenter le rôle du signe des coefficients des variables dans cette fonction de probabilité. Lorsque la variable x_p est codée de façon croissante, le signe positif du coefficient indique que la probabilité de choisir le transport combiné augmente lorsque la valeur de la variable augmente. A l'inverse, lorsque le coefficient est affecté d'un signe négatif, il indique que la probabilité de choix du transport combiné décroît lorsque la valeur de la variable s'accroît.

La base de données nous permet de construire, à l'aide de sept variables caractérisant les envois (chaînes de transport), un modèle désagrégé de type logit dans le cadre du choix du mode de transport : **la distance ; le poids ; la valeur ; le prix ; le code APE des chargeurs ; les plages horaires de départ et d'arrivée.**

Les quatre premières variables n'ont posé aucun problème quant à leur utilisation dans les différents modèles. Les trois dernières variables (le code APE des chargeurs, les plages horaires de départ et d'arrivée) n'ont pas de codification unique évidente. L'introduction du code APE pose un problème de nature différente. Il était impossible d'appliquer le code APE en une seule variable sans impliquer une hiérarchie a priori vis-à-vis du choix du mode de transport. Nous avons donc introduit autant de variables qu'il y a de codes APE d'après le schéma suivant :

Sidérurgie	:	APE1 = 1	Autres = 0
Mat. construction	:	APE2 = 1	Autres = 0
Chimie de base	:	APE3 = 1	Autres = 0
Parachimie	:	APE4 = 1	Autres = 0
Travail métaux	:	APE5 = 1	Autres = 0
Ind. des fils et fibres	:	APE6 = 1	Autres = 0
Ind. bois et papier	:	APE7 = 1	Autres = 0
CGros B. Intermédiaire	:	APE8 = 1	Autres = 0
Equip. Industriel	:	APE9 = 1	Autres = 0
Fab. de matériel électrique	:	APE10 = 1	Autres = 0
Outillage, mat. précision	:	APE11 = 1	Autres = 0
CGros B. Production	:	APE12 = 1	Autres = 0
Entretien agro-alimentaire	:	APE13 = 1	Autres = 0
Habillement	:	APE14 = 1	Autres = 0
Véh. automobil	:	APE15 = 1	Autres = 0
Ind. pharmaceutique	:	APE16 = 1	Autres = 0
Electro-ménager, Hifi	:	APE17 = 1	Autres = 0
Ameublement	:	APE18 = 1	Autres = 0
Objets divers	:	APE19 = 1	Autres = 0
CGros B. de Consommation	:	APE20 = 1	Autres = 0

En ce qui concerne les plages horaires de départ et d'arrivée, nous les avons codées par une variable indicatrice de la manière suivante : matin : 1 ; après-midi : 2 ; soir : 3.

Notre étude s'est faite en deux étapes. Nous avons d'abord cherché l'influence des caractéristiques de l'envoi, sans tenir compte des codes APE sur le choix du transport combiné. Nous nous sommes concentré ensuite sur le point de savoir si l'introduction du code APE pourrait apporter des explications supplémentaires quant à ce choix. Nous allons comparer respectivement les résultats de chaque modèle avec trois échantillons (E_1 , E_2 et E_3) issus des trois filtres définis ci-dessus.

B. - Les tests

Nous avons utilisé le test du ratio de vraisemblance ($-2 \log L$) qui suit une distribution du khi-deux χ^2 à p degrés de liberté (égal au nombre de variables explicatives) pour apprécier les résultats dans le modèle "logit". Plus la quantité ($-2 \log L$) sera élevée, plus grande sera la probabilité de rejeter la nullité de H_0 , c'est-à-dire, l'hypothèse de l'indépendance de la variable dépendante, en l'occurrence la probabilité du choix du mode de transport combiné, par rapport à l'ensemble des variables introduites. Ce test a été employé également pour arbitrer l'amélioration de la vraisemblance apportée par une variable ou par un groupe de variables par rapport à un modèle donné.

Nous avons testé également l'hypothèse de nullité de tous les coefficients $H_0 : (\beta_0, \beta_1, \dots, = 0)$ à l'aide de la statistique du khi-deux χ^2 . Une comparaison entre la valeur χ^2 calculée et celle consultée dans une table de distribution du khi-deux χ^2 avec 1 degré de liberté permet de révéler la signification des coefficients estimés par la méthode du Maximum de Vraisemblance (MV).

4.2.3. - Les résultats et la qualité de l'ajustement

A. - Influence des caractéristiques de l'envoi

Modèle II.1 :

$$G(x) = \beta_0 + \beta_1 \text{DIST} + \beta_2 \text{POIDS} + \beta_3 \text{VALEUR} + \beta_4 \text{PRIX} + \beta_5 \text{HD} + \beta_6 \text{HA}$$

Tableau 4-13a : Estimation des coefficients de MV du modèle II.1

(Echantillon : E₁)

Variable	Coefficient	Ecart type	χ^2
Constante	5,8532	1,0861	29,0448
DIST	- 0,00592	0,000983	36,2277***
POIDS	0,000013	0,000068	0,0355
VALEUR	- 1,75E-6	7,71E-7	5,1691*
PRIX	0,000678	0,000281	5,7963*
HD	- 0,3141	0,3426	0,8403
HA	0,5964	0,3393	3,0892
Test du ratio de vraisemblance (-2 Log L)		61,78***	
Nombre de degrés de liberté		6	
Nombre d'observations		702	
dont le transport combiné		42	

$\chi^2(1 ; 0,001) = 10,83$; $\chi^2(1 ; 0,01) = 6,64$; $\chi^2(1 ; 0,05) = 3,84$;

$\chi^2(6 ; 0,001) = 22,46$; $\chi^2(6 ; 0,01) = 16,81$; $\chi^2(6 ; 0,05) = 12,59$;

*** coefficient significatif au seuil de 0,001 ;

** coefficient significatif au seuil de 1 % ;

* coefficient significatif au seuil de 5 %.

Tableau 4-13b : Estimation des coefficients de MV du modèle II.1**(Echantillon : E₂)**

Variable	Coefficient	Ecart type	χ^2
Constante	5,9659	1,1459	27,1081
DIST	-0,00604	0,00104	33,9386***
POIDS	-0,00067	0,000653	1,0395
VALEUR	7,446E-6	9,016E-6	0,6822
PRIX	0,000749	0,000619	1,4650
HD	-0,2776	0,3693	0,5652
HA	0,4954	0,3523	1,9771
Test du ratio de vraisemblance (-2 Log L)		46,95***	
Nombre de degrés de liberté		6	
Nombre d'observations		517	
dont le transport combiné		39	

 $\chi^2(1 ; 0,001) = 10,83$; $\chi^2(1 ; 0,01) = 6,64$; $\chi^2(1 ; 0,05) = 3,84$;

 $\chi^2(6 ; 0,001) = 22,46$; $\chi^2(6 ; 0,01) = 16,81$; $\chi^2(6 ; 0,05) = 12,59$;

*** coefficient significatif au seuil de 0,001 ;

** coefficient significatif au seuil de 1 % ;

* coefficient significatif au seuil de 5 %.

Tableau 4-13c : Estimation des coefficients de MV du modèle II.1**(Echantillon : E₃)**

Variable	Coefficient	Ecart type	χ^2
Constante	6,1823	1,1809	27,4100
DIST	-0,00587	0,00104	31,6277***
POIDS	-0,0006	0,000775	0,5998
VALEUR	-0,00001	0,000016	0,8571
PRIX	0,00109	0,000792	1,8950
HD	-0,3182	0,3837	0,6875
HA	0,3802	0,3592	1,1207
Test du ratio de vraisemblance (-2 Log L)		44,16***	
Nombre de degrés de liberté		6	
Nombre d'observations		458	
dont le transport combiné		38	

 $\chi^2(1 ; 0,001) = 10,83$; $\chi^2(1 ; 0,01) = 6,64$; $\chi^2(1 ; 0,05) = 3,84$;

 $\chi^2(6 ; 0,001) = 22,46$; $\chi^2(6 ; 0,01) = 16,81$; $\chi^2(6 ; 0,05) = 12,59$;

*** coefficient significatif au seuil de 0,001 ;

** coefficient significatif au seuil de 1 % ;

* coefficient significatif au seuil de 5 %.

Nous savons, à l'aide d'une table de distribution de χ^2 , avec 6 degrés de liberté, qu'une valeur de χ^2 de 22,5 a une probabilité 0,001 d'être dépassée. Nous avons obtenu finalement, pour le ratio de vraisemblance (-2 Log L), quel que soit l'échantillon utilisé, des valeurs nettement supérieures, puisque la plus faible valeur est de 44,16. Nous pouvons donc admettre, avec un risque d'erreur inférieur à 0,001, que le choix du transport combiné n'est pas indépendant des six variables introduites.

Les tests de signification de tous les coefficients permettent de révéler, pour l'échantillon E1, que les variables significatives sont les variables DIST, PRIX et VALEUR (respectivement au seuil de 0,001, 10 %, 10 %). Ces deux dernières sont toutefois peu significatives dans l'échantillon E2 et E3. La consultation de la matrice des corrélations dévoile que la variable POIDS est corrélée respectivement avec la variable VALEUR (0,58) et la variable PRIX (0,65). Ceci nous a conduit à introduire une nouvelle variable RVP (calculée à partir de la valeur en la divisant par le poids de l'envoi) afin d'étudier le choix du transport combiné en fonction de la valeur au kilo. Nous gardons toutefois la variable PRIX dans le modèle II.2.

Modèle II.2 :

$$G(x) = \beta_0 + \beta_1 \text{ DIST} + \beta_2 \text{ RVP} + \beta_3 \text{ PRIX} + \beta_4 \text{ HD} + \beta_5 \text{ HA}$$

Tableau 4-14a : Estimation des coefficients de MV du modèle II.2

(Echantillon : E₁)

Variable	Coefficient	Ecart type	χ^2
Constante	5,6725	1,1061	26,3025
DIST	- 0,00627	0,00102	38,1424***
RVP	0,00157	0,000773	4,1204*
PRIX	0,00071	0,000232	9,3365**
HD	- 0,2065	0,3569	0,3347
HA	0,4393	0,3423	1,6469
Test du ratio de vraisemblance (-2 Log L)		67,76***	
Nombre de degrés de liberté		5	
Nombre d'observations		702	
dont le transport combiné		42	

 $\chi^2(1 ; 0,001) = 10,83 ; \chi^2(1 ; 0,01) = 6,64 ; \chi^2(1 ; 0,05) = 3,84 ;$
 $\chi^2(5 ; 0,001) = 20,52 ; \chi^2(5 ; 0,01) = 15,09 ; \chi^2(5 ; 0,05) = 11,07 ;$

*** coefficient significatif au seuil de 0,001;

** coefficient significatif au seuil de 1 % ;

* coefficient significatif au seuil de 5 %.

Tableau 4-14b : Estimation des coefficients de MV du modèle II.2

(Echantillon : E₂)

Variable	Coefficient	Ecart type	χ^2
Constante	5,7168	1,1675	23,9786
DIST	- 0,00659	0,00110	36,0358***
RVP	0,00181	0,00085	4,5293*
PRIX	0,0008	0,000411	3,7896
HD	- 0,1381	0,3821	0,1306
HA	0,4270	0,3594	1,4116
Test du ratio de vraisemblance (-2 Log L)		55,00***	
Nombre de degrés de liberté		5	
Nombre d'observations		517	
dont le transport combiné		39	

 $\chi^2(1 ; 0,001) = 10,83 ; \chi^2(1 ; 0,01) = 6,64 ; \chi^2(1 ; 0,05) = 3,84 ;$
 $\chi^2(5 ; 0,001) = 20,52 ; \chi^2(5 ; 0,01) = 15,09 ; \chi^2(5 ; 0,05) = 11,07 ;$

*** coefficient significatif au seuil de 0,001;

** coefficient significatif au seuil de 1 % ;

* coefficient significatif au seuil de 5 %.

Tableau 4-14c : Estimation des coefficients de MV du modèle II.2**(Echantillon : E₃)**

Variable	Coefficient	Ecart type	χ^2
Constante	5,8843	1,2062	23,7970
DIST	- 0,00659	0,00111	35,1817***
RVP	0,00168	0,000833	4,0498*
PRIX	0,000883	0,000495	3,1840
HD	- 0,1827	0,4010	0,2076
HA	0,3333	0,3634	0,8411
Test du ratio de vraisemblance (-2 Log L)		51,06***	
Nombre de degrés de liberté		5	
Nombre d'observations		458	
dont le transport combiné		38	

 $\chi^2(1 ; 0,001) = 10,83 ; \chi^2(1 ; 0,01) = 6,64 ; \chi^2(1 ; 0,05) = 3,84 ;$
 $\chi^2(5 ; 0,001) = 20,52 ; \chi^2(5 ; 0,01) = 15,09 ; \chi^2(5 ; 0,05) = 11,07 ;$

*** coefficient significatif au seuil de 0,001;

** coefficient significatif au seuil de 1 % ;

* coefficient significatif au seuil de 5 %.

Comme dans le modèle II.1, les résultats obtenus sont aussi significatifs avec l'introduction de la nouvelle variable RVP. La qualité de l'ajustement est également améliorée puisque le meilleur ratio de vraisemblance passe 61,78 à 67,76. Le coefficient positif de RVP, quel que soit l'échantillon utilisé, toujours significatif au seuil de 10 %, indique que le choix du transport combiné s'accroît suivant la valeur au kilo de l'envoi. La variable PRIX, de nouveau, est très significative dans l'échantillon E1, et est bien près de l'être dans l'échantillon E2 et E3.

B. - Influence apportée par l'introduction du code APE

L'intérêt de cette approche se traduit aussi par le fait que le problème du choix modal ne se réduit pas aux caractéristiques de l'envoi (poids, valeur, prix, distance), mais tient aussi à la place du transport dans l'activité des branches représentées par les codes APE (cf. annexe V).

Notre démarche est la même que précédemment. Nous appliquons d'abord un modèle avec l'ensemble des variables des caractéristiques de l'envoi en intégrant la variable du code APE ; nous appliquons ensuite un modèle avec l'introduction de la variable RVP qui remplace les variables POIDS et VALEUR.

Modèle II.3 :

$$G(x) = \beta_0 + \beta_1 \text{ DIST} + \beta_2 \text{ POIDS} + \beta_3 \text{ VALEUR} + \beta_4 \text{ PRIX} + \beta_5 \text{ HD} + \beta_6 \text{ HA} \\ + \beta_j \text{ APE}_j \quad (j = 7, 8, \dots, 26)$$

Tableau 4-15 : Estimation des coefficients de MV du modèle II.3

(Echantillon : E₁)

Variable	Coefficient	Ecart type	χ^2
Constante	8,7750	1,8930	21,4881
APE1	- 3,1896	1,2910	6,1035*
APE2	- 1,9201	1,5717	1,4925
APE3	- 2,8326	1,3276	4,5527*
APE4	- 2,8975	1,3358	4,7051*
APE5	35,8643#	-	-
APE6	- 3,4339	1,3445	6,5227*
APE7	- 2,1751	1,5732	1,9116
APE8	34,2756#	-	-
APE9	- 0,9084	1,5302	0,3524
APE10	36,2563#	-	-
APE11	- 0,9543	1,5283	0,3899
APE12	- 2,2091	1,5739	1,9702
APE13	- 1,3409	1,3418	0,9986
APE14	- 2,7662	1,1618	5,6694*
APE15	- 3,6987	1,4427	6,5724*
APE16	- 2,7339	1,3639	4,0181*
APE17	35,2381#	-	-
APE18	34,5464#	-	-
APE19	- 1,1644	1,5341	0,5761
APE20	0&	-	-
DIST	- 0,00728	0,00130	31,4209***
POIDS	0,000034	0,000079	0,1885
VALEUR	- 1,66E-6	8,206E-7	4,1050*
PRIX	0,000714	0,000298	5,7255*
HD	- 0,2393	0,3783	0,4001
HA	0,4443	0,3815	1,3562
Test du ratio de vraisemblance (-2 Log L)		112,98***	
Nombre de degrés de liberté		25	
Nombre d'observations		702	
dont le transport combiné		42	

 $\chi^2(1 ; 0,001) = 10,83 ; \chi^2(1 ; 0,01) = 6,64 ; \chi^2(1 ; 0,05) = 3,84 ;$
 $\chi^2(25 ; 0,001) = 52,62 ; \chi^2(25 ; 0,01) = 44,31 ; \chi^2(25 ; 0,05) = 34,38 ;$

*** coefficient significatif au seuil de 0,001;

** coefficient significatif au seuil de 1 % ;

* coefficient significatif au seuil de 5 %.

Le modèle II.3, comme les modèles précédents, offre des résultats significatifs pour les variables PRIX et VALEUR (au seuil de 10 %). Mais nous concentrons maintenant notre recherche pour savoir si l'introduction du code APE apporte une information supplémentaire significative.

Nous constatons que le ratio de vraisemblance ($-2 \text{ Log } L$) étant passé de 61,78 (dans le modèle II.1) à 112,98, s'est accru de 51,20 ; la différence du nombre de degrés de liberté entre les deux modèles étant égale à 20, l'amélioration de la vraisemblance est donc significative, puisque une valeur de χ^2 à 20 degrés de liberté égale à 45,32 a une probabilité de 0,001 d'être dépassée. Le choix du mode de transport combiné n'est donc pas indépendant de l'ensemble des vingt variables du code APE.

Les coefficients significatifs des codes APE, après calcul, sont ceux des APE1, APE 3, APE4, APE6, APE14, APE15 et APE16. Le signe négatif de ces coefficients indique que le choix du transport combiné décroît en fonction des valeurs absolues du coefficient. Nous sommes alors en mesure de classer les groupes des codes APE des chargeurs parmi ceux significatifs, dans l'ordre de préférence décroissante vis-à-vis du choix de transport combiné.

**L'ordre de préférence décroissante des codes APE significatifs
dans le choix du transport combiné**

Industrie pharmaceutique	:	APE16	(-2,73) ;
Habillement	:	APE14	(-2,77) ;
Chimie de base	:	APE3	(-2,83) ;
Parachimie	:	APE4	(-2,90) ;
Sidérurgie	:	APE1	(-3,19) ;
Industrie des fils et fibres	:	APE6	(-3,43) ;
Véh. automobile	:	APE15	(-3,70) ;

Notre conclusion corrobore les résultats de l'enquête auprès des chargeurs : le transport combiné obtient ses meilleurs résultats dans l'habillement et le cuir ainsi que dans l'industrie pharmaceutique. (Rapport INRETS, 99, 1989, p. 37).

Enfin, nous allons établir un modèle dans lequel les variables POIDS et VALEUR ont été remplacées par la variable RVP.

Modèle II.4 :

$$G(x) = \beta_0 + \beta_1 \text{ DIST} + \beta_2 \text{ RVP} + \beta_3 \text{ PRIX} + \beta_4 \text{ HD} + \beta_5 \text{ HA} \\ + \beta_j \text{ APE}_j \quad (j = 6, 7, \dots, 25)$$

Tableau 4-16 : Estimation des coefficients de MV du modèle II.4

(Echantillon : E₁)

Variable	Coefficient	Ecart type	χ^2
Constante	8,2393	1,9219	18,3787
APE1	- 2,5997	1,2985	4,0081*
APE2	- 1,3422	1,5517	0,7482
APE3	- 2,9632	1,3649	4,7131*
APE4	- 2,4462	1,3489	3,2890
APE5	36,2583#	-	-
APE6	- 2,7711	1,3707	4,0870*
APE7	- 1,4982	1,5775	0,9020
APE8	34,6679#	-	-
APE9	- 0,5740	1,5346	0,1399
APE10	35,7768#	-	-
APE11	- 0,6033	1,5462	0,1522
APE12	- 1,9973	1,5843	1,5893
APE13	- 0,6456	1,3598	0,2254
APE14	- 2,4455	1,1695	4,3725*
APE15	- 3,2777	1,4474	5,1279*
APE16	- 2,6015	1,3615	3,6507
APE17	37,0960#	-	-
APE18	36,1165#	-	-
APE19	- 0,7843	1,5472	0,2570
APE20	0&	-	-
DIST	- 0,00762	0,00133	32,9505***
RVP	0,00160	0,000879	3,3338
PRIX	0,000786	0,000242	10,5613**
HD	- 0,1593	0,3892	0,1675
HA	0,3093	0,3827	0,6530
Test du ratio de vraisemblance (-2 Log L)	117,17***		
Nombre de degrés de liberté	24		
Nombre d'observations	702		
dont le transport combiné	42		

 $\chi^2(1 ; 0,001) = 10,83 ; \chi^2(1 ; 0,01) = 6,64 ; \chi^2(1 ; 0,05) = 3,84 ;$
 $\chi^2(24 ; 0,001) = 51,18 ; \chi^2(24 ; 0,01) = 42,98 ; \chi^2(24 ; 0,05) = 36,42 ;$

*** coefficient significatif au seuil de 0,001;

** coefficient significatif au seuil de 1 % ;

* coefficient significatif au seuil de 5 %.

Le changement le plus remarqué dans le modèle II.4 est le fait que l'industrie pharmaceutique (APE16) et la parachimie (APE4) ne sont plus significatifs (mais sont toutefois tout près de l'être au seuil de 10 %) avec l'introduction de la variable RVP. Les autres codes APE confirment leur préférence vis-à-vis du choix du transport combiné. Nous constatons que l'industrie de l'habillement (APE14) passe en tête de l'ordre de préférence vis-à-vis du choix du transport combiné.

L'ordre de préférence décroissante des codes APE significatifs dans le choix du transport combiné			
Habillement	:	APE14	(-2,45) ;
Sidérurgie	:	APE1	(-2,60) ;
Industrie des fils et fibres	:	APE6	(-2,77) ;
Chimie de base	:	APE3	(-2,96) ;
Véh. automobile	:	APE15	(-3,28) ;

4.2.4 - Interprétation des résultats

Concentrée d'abord sur le rôle des caractéristiques de l'envoi, notre recherche s'élargit avec l'introduction du code APE des chargeurs vis-à-vis du choix de transport combiné.

Les résultats obtenus montrent que les coefficients du poids (POIDS), des plages horaires de départ (HD) et d'arrivée (HA) ne se sont jamais révélés significatifs. Par contre, toutes les autres variables jouent plus ou moins un rôle explicatif dans le choix du transport combiné.

A. - L'élévation du prix de transport de l'envoi est toujours favorable au choix du transport combiné

La variable PRIX est toujours affectée d'un coefficient significatif et d'un signe positif. Ceci traduit son fort pouvoir explicatif : à travers lui s'exprime le fait que le transport combiné est un moyen coûteux ; la probabilité du choix pourrait s'accroître en fonction de l'élévation du prix de transport.

B. - La valeur absolue de l'envoi s'avère peu significative, mais l'augmentation de sa valeur au kilo est favorable au choix du transport combiné

Dans le modèle II.1, nous avons remarqué que la variable "valeur de l'envoi" (VALEUR) est significative pour l'échantillon E1, et ne l'est plus pour les échantillons E2 et E3. Cette variable n'est donc pas une explication constante dans le choix du transport combiné.

La différence entre le modèle II.1 et le modèle II.2 consiste à introduire une nouvelle variable "valeur au kilo de l'envoi" (RVP) qui remplace les deux variables corrélées : VALEUR et POIDS. Les résultats obtenus sont significatifs pour RVP, quel que soit l'échantillon choisi. Le coefficient de RVP, affecté toujours d'un signe positif, indique que la probabilité du choix du transport combiné s'accroît en même temps que la valeur au kilo de l'envoi augmente.

C. - Un effet difficile à mettre en évidence : l'effet de la distance

Tous les modèles utilisés montrent que la variable DIST est particulièrement significative, et est affectée toujours d'un signe négatif. Ceci conduit à une conclusion surprenante : l'accroissement de la distance amène à délaisser le choix du transport combiné. Rappelons que notre choix de l'échantillon repose sur la distance de 300 à 1000 km. L'observation du tableau croisé entre la distance et le mode choisi indique que la tranche distance la plus utilisée pour le transport combiné est celle de 500 à 800 km, mais n'est pas celle la plus longue de 800 à 1000 km (cf. annexe IV). La probabilité du choix de transport combiné n'obéit donc pas à une tendance végétative en fonction de la croissance de la distance absolue de l'envoi.

Les résultats de l'enquête des chargeurs de l'INRETS a montré pourtant que la distance moyenne du transport combiné (630 km) est la plus longue par rapport à celle des autres modes de transport enquêtés pour l'ensemble de l'échantillon (Rapport INRETS, 99, 1989, p.49).

D. - Les catégories d'activités de chargeurs ont des positions différentes à l'égard du choix de transport combiné

Les cinq codes APE (APE1, APE3, APE6, APE14, APE15) des chargeurs parmi les vingt retenus se sont révélés significatifs dans les résultats des modèles II.3 et II.4 ; les deux autres codes APE (APE16 et APE 4) des chargeurs ne sont significatifs que dans le modèle II.3. D'autres catégories d'activités des chargeurs ne s'avèrent pas significatives probablement du fait du nombre peu élevé d'effectifs dans l'échantillon choisi. Le choix du transport combiné est donc plus attrayant dans les industries pharmaceutique, l'habillement, la chimie de base, la parachimie, la sidérurgie, les fils et fibres et l'automobile.

CONCLUSION

La modélisation effectuée au cours de ce chapitre nous permet de tirer les résultats suivants :

Pour la modélisation agrégée :

- les modèles basés sur l'échantillon initial de 44 liaisons principales du transport combiné montrent que la fréquence des acheminements et le prix expliquent particulièrement la part de marché du transport combiné ;
- les modèles stratifiés appliqués à l'organisation spéciale améliorent nettement les résultats de régression. Ils confirment les résultats obtenus pour l'échantillon initial ; de plus, ils révèlent que la prolongation des plages horaires de départ augmente la part de marché du transport combiné ;
- les modèles stratifiés appliqués au lotissement montrent qu'aucun des six modèles utilisés n'est significatif statistiquement. Ceci est dû probablement au nombre peu élevé de l'échantillon (11 observations).

Pour la modélisation désagrégée :

- la probabilité du choix du transport combiné s'accroît suivant l'élévation du prix de l'envoi ;
- la probabilité du choix du transport combiné s'accroît en fonction de la valeur au kilo de l'envoi ;
- le transport combiné s'utilise le plus dans les industries pharmaceutique, l'habillement, la chimie de base, la parachimie, la sidérurgie, les fils et fibres et l'automobile.

CONCLUSION GENERALE

A. - Les apports de l'analyse

La mise en oeuvre des modèles suppose des informations adaptées. A partir des concepts théoriques du choix modal qui postule une demande fixe, notre recherche s'est déroulée dans deux directions différentes : les modèles agrégés qui visent à trouver les variables sensibles au partage modal entre le transport combiné et le transport routier ; les modèles désagrégés basés sur les données de l'enquête auprès des chargeurs, qui consistent à mieux expliquer le choix du transport combiné par les caractéristiques de l'envoi.

1. - Résultats sur les modèles agrégés

Le facteur le plus sensible de cette approche est le prix du transport combiné : l'augmentation de ce prix fait diminuer sa part de marché, alors que l'inverse la fait augmenter.

La variable de la fréquence des acheminements, en tant qu'une des variables d'offre du transport combiné, a montré aussi une forte influence sur la part de marché du transport combiné. Toutefois, on ne peut pas dire que l'augmentation de la fréquence permet de créer plus de trafic ; le problème consiste à adapter le mieux possible la demande au travers de l'augmentation de l'offre si le volume le permet.

Notre étude a montré qu'il existe une corrélation entre la prolongation des plages horaires de départ et la part de marché du transport combiné, surtout celle pour les départs de l'organisation spéciale. L'utilisation du transport combiné est donc particulièrement adaptée à ceux qui exigent des départs tardifs en fin de soirée.

Or, de notre étude, il ressort que la variable du temps de transport se montre peu sensible sur la part de marché du transport combiné, ce qui peut être expliqué par le fait que le jeu des rabais commerciaux, consentis aux gros opérateurs d'une relation, introduit un certain nombre de distorsions dans la logique part de marché - temps de transport.

Il est à noter que la réussite du transport combiné dépend également de l'ancienneté de l'offre. Le temps a permis aux différents opérateurs de connaître les possibilités de la technique combinée, de la maîtriser et de s'équiper en matériel spécialisé, ce qui explique, en partie, la forte pénétration des relations du transport combiné telles que celle de Paris-Avignon-Marseille et celle de Paris-Toulouse en dépit de la densité du réseau routier.

L'influence du temps de transport impose même une définition du temps de transport permettant de mieux représenter l'alternative des deux techniques concurrentes. Si pour le transport routier il est naturel de considérer le temps de façon globale de porte à porte, le problème est plus délicat pour le transport combiné où l'on distingue le temps principal et le temps de desserte terminale. L'étude de M. NIERAT a montré que ce dernier, mesuré par la durée des opérations de desserte terminale, affecte le choix du transport combiné, qui est d'autant plus réduit que les opérations sont plus longues (NIERAT P., 1990, pp. 35-39).

Il convient donc d'analyser l'influence de chacun de ces temps et en particulier de voir s'ils exercent la même influence sur le choix.

2. - Résultats sur les modèles désagrégés

Afin d'élargir notre étude sur le choix du transport combiné, notre recherche est complétée par une approche désagrégée sous l'angle des caractéristiques de l'envoi.

Cette approche a montré que le choix du transport combiné correspond à une situation du haut prix du transport et de la valeur au kilo de l'envoi, ce qui confirme que le transport combiné est un moyen coûteux.

Les catégories d'activités de chargeurs ont des positions différentes à l'égard du choix du transport combiné. Il ressort que le choix du transport combiné obtient ses meilleurs résultats dans les industries pharmaceutique, l'habillement, la chimie de base, la parachimie, la sidérurgie, les fils et fibres et l'automobile.

B. - Les limites de l'analyse et les perspectives

Bien qu'intéressants, les résultats obtenus ne suffisent pas à spécifier complètement le choix entre le transport combiné et le transport routier. A cette imperfection on trouve trois sortes de raisons : l'imprécision, voire l'inexistence de certaines données, le statisme de l'analyse, la difficulté d'établir un modèle de caractère opérationnel.

Comme nous l'avons fait remarquer à plusieurs reprises, notre étude s'est heurtée à quelques difficultés relatives au traitement et surtout à un manque de données, lesquelles peuvent contribuer à des imprécisions sur les résultats. Fondée sur une évaluation empirique de la part de marché du transport combiné, notre approche agrégée du partage modal a révélé des résultats peu satisfaisants au niveau de leur appréhension basée sur l'ensemble de l'échantillon choisi. Les termes constants de ces modèles ont une importance statistique de taille, alors qu'elle aurait dû être négligeable afin que les variables explicatives représentent effectivement la part de marché du transport combiné. Ce fait s'explique par la qualité de données un peu moins pertinentes, réunies en un petit nombre d'observations. Le terme constant essaye de corriger ces imprécisions.

Les données de l'enquête auprès des chargeurs de l'INRETS nous ont permis d'effectuer une première tentative de modélisation désagrégée. Basée sur une enquête qui n'était pas spécialement prévue pour notre étude, il a donc fallu avoir recours à des filtres pour établir une base de données assez homogène. Toutefois, la domination des envois hors transport combiné a conduit à certaines imprécisions sur les résultats statistiques.

L'élaboration des modèles comporte aussi un certain degré d'incertitude qui est lié à la fois aux éléments stochastiques inhérents à tout modèle économétrique et aux variables explicatives introduites. La pertinence des variables explicatives dépend de leur bonne identification, souvent affectée par la mauvaise connaissance des comportements ; c'est une limitation présente dans tous les modèles.

Les fortes corrélations naturelles de certaines variables explicatives, telles que le prix et le temps de transport qui dépendent de la distance parcourue, nous ont empêché d'obtenir des modèles satisfaisants.

Nous avons remarqué que certains phénomènes ont échappé à l'analyse, totalement ou en partie, en raison de l'impossibilité d'obtenir des données telles que l'aspect de la desserte terminale du transport combiné où la nécessité d'organisation des dessertes terminales de façon efficace apparaît plus que cruciale quant à la réussite du transport combiné.

Les travaux de M. NIERAT (1987, 1990), reposant sur la méthode spatiale de comparaison des coûts de transport, ont mis en lumière d'autres facteurs d'influence du choix d'alternative entre les deux techniques concurrentes, à savoir :

- la diminution du poids du chargement transporté joue en faveur du transport combiné ;
- la réduction du taux de parcours à vide, indicateur de déséquilibre de trafic, est un facteur favorable au choix du mode routier ;

— l'éloignement de la localisation du client par rapport au chantier combiné réduit fortement le choix du transport combiné.

Ces variables sont intéressantes mais les renseignements dont nous disposons actuellement ne permettent malheureusement pas de les prendre en compte de manière quantitative dans notre étude. Une validation statistique s'impose si les données peuvent être recensées à l'avenir.

Nous proposerons donc, à l'avenir, une réflexion sur les données qu'il conviendrait de recueillir car la qualité des résultats est indissociable de leur fiabilité et de leur détail. Il serait souhaitable d'actualiser périodiquement les modèles en fonction des données disponibles et de l'apparition d'informations nouvelles.

Il est évident que notre recherche aurait beaucoup gagné si nous avions bénéficié de données à deux ou trois époques différentes. Mais le coût d'une telle investigation statistique est très élevé et, actuellement, il n'est pas possible de disposer facilement de cette information.

La demande de transport devient difficile à appréhender et donc à mesurer. C'est pourquoi le recours à certaines désagréations s'avère nécessaire. Il apporte des avantages tels que l'analyse affinée, la réduction des coûts de collecte des données, et la simplification des modèles. Dans notre étude, c'est avec les modèles stratifiés appliqués à l'organisation spéciale que nous avons eu les meilleurs résultats.

Finalement, il n'existe pas de méthode parfaite. En revanche, il existe des méthodes plus ou moins adaptées à certains problèmes. La question qui se pose est celle de trouver le modèle le plus adapté à une situation donnée. On ne cherche plus la solution optimale, mais une situation meilleure que la présente. On passe de l'absolu au relatif. Par ailleurs, en dépit de leurs imprécisions, les modèles restent encore l'outil de base pour les décisions en matière de transport, lesquels ne peuvent pas se permettre d'attendre le développement de nouvelles techniques de calibration.

A partir de résultats dès lors plus complets et plus précis, nous serions en mesure de bâtir des modèles plus opérationnels afin de mieux prévoir les fluctuations de trafics et ainsi de pouvoir rapidement adapter l'offre à la demande.

Les méthodes d'analyse de cette étude ont été limitées jusque là au seul domaine des transports. En fait, comme nous l'avons remarqué plusieurs fois, le monde des transports n'est pas un monde clos. Il ne peut être analysé de façon indépendante et doit être replacé dans la réalité des échanges économiques dont il est le reflet. Dans les perspectives de la modélisation de la demande, la nécessité d'approche du processus logistique du choix modal s'impose. On est amené à considérer que le comportement de l'utilisateur ne se limite pas à minimiser le coût généralisé d'un transport dont la décision a été prise antérieurement, mais de façon plus large, revient à maximiser l'utilité d'un ensemble d'activités dont le transport n'est qu'un élément. Le modèle du MIT que nous avons montré représente l'une des applications dans ce domaine.

C. - L'apport à l'évaluation de la politique du transport combiné

Rappelons qu'une étude des facteurs de la demande est nécessaire à un triple point de vue : satisfaire les besoins, moduler la demande, promouvoir une politique de transport. C'est dans cet esprit que nous avons entrepris notre recherche sur la problématique de la concurrence entre le transport combiné et le transport routier.

Si la modélisation s'avère utile pour élaborer la politique à adopter dans le domaine des transports, elle ne constitue qu'une partie d'un processus plus large d'évaluation qui comprend trois phases, à savoir :

- fixation des objectifs et des moyens d'intervention ;
- spécification des relations structurelles entre objectifs et moyens d'intervention ;

- choix optimal du nombre des moyens d'intervention disponibles et de l'utilisation qui en est faite.

La construction d'un modèle fiable ne sera efficace que si des objectifs et des moyens d'intervention opérationnels ont été définis à l'avance ; ils doivent être opérationnels en ce sens que les objectifs doivent pouvoir être représentés par des variables explicatives pertinentes, et par des moyens d'intervention choisis à l'aide de données fiables.

L'emploi de modèles bien construits devrait également, par son apport analytique et sa valeur explicite, offrir la possibilité de : mesurer l'impact des différentes variables, montrer aux décideurs les conséquences des mesures envisagées et ainsi faciliter le choix entre des actions possibles.

D'après les résultats obtenus dans cette étude, le développement du transport combiné peut s'accroître, à l'avenir, en fonction des points suivants :

- L'amélioration de la qualité de service est fondamentale pour la réussite du transport combiné. En termes de qualité de service, de respect des horaires, de fiabilité, de ponctualité, de rapidité, le transport combiné s'avère parfaitement capable et efficace. Mais les utilisateurs souhaitent toujours que le transport combiné puisse aller plus vite ou aussi vite que la route, dans les mêmes conditions de ponctualité et de fiabilité, qu'il puisse embarquer le plus tard possible, et avoir les véhicules à disposition sur le chantier de destination le plus tôt possible. Notre étude a montré aussi que la prolongation des plages horaires de départ a une influence sur sa part de marché.
- la massification des flux a pour but d'augmenter le productivité du transport combiné. Avec plus de trains journaliers, on peut faire baisser les coûts de traction ferroviaire et ainsi accroître la compétitivité du transport combiné.

Il est à noter également que le prix routier lui aussi continue à baisser. L'augmentation de certains éléments de coût du transport combiné ne joue guère en sa faveur. Dans la pratique, il est évident que de devoir traiter de nombreux lotissements est une formule beaucoup plus coûteuse que le recours à l'organisation spéciale. L'organisation spéciale est donc considérée comme une solution rentable pour l'avenir du transport combiné.

- la performance du transport combiné est étroitement liée aux longues distances. Notre étude s'est volontairement limitée au plan national, mais l'avenir du transport combiné est avant tout européen, avec des distances beaucoup plus longues, ce qui doit, logiquement, être favorable à un essor dans les années à venir.

Aujourd'hui, le rythme de développement du transport combiné est comparable à celui du transport routier. Si le transport combiné présente des avantages collectifs globaux, il est loin d'être une panacée. Loin d'être uniquement concurrentes, ces deux techniques sont souvent complémentaires. La technique du transport combiné ne pourra pas se substituer à la route. C'est plutôt une technique de diversification dans le marché de transport de fret.

Une véritable politique des transports ne doit pas reposer exclusivement sur les faits existants que transcrivent les résultats d'enquêtes mais elle doit anticiper le développement à partir des résultats obtenus par les modèles.

Enfin, tout modèle reste impropre à analyser l'impact de modifications profondes ; notre étude touche ici la limite du rôle de l'observateur dont le but n'est pas de promouvoir une politique du développement du transport combiné, mais de l'éclairer. Nos analyses, qui reposent sur la théorie du choix modal, font ressortir des renseignements provisoires. L'esprit méthodologique de cette étude reste toutefois valable, une autre étude sera bienvenue dès que l'actualisation des bases de données permettra de combler le manque actuel.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdelwahab W. et Sargious M. (1992), Modelling the demande for freight transport : a new approach, *Journal of Transport Economics and Policy*, **26(1)** : 49-69.

Ansion G. (1990), Les méthodes de prévision en économie, Armand Colin Editeur, Paris, 298 p.

Ashford N.J. et Bencheman M. (1990), Choix d'un aéroport pour les passagers : une application du modèle logit polynomial, *Transports*, **342** : 365-370.

Benchehida A. (1984), Les transports combinés terrestres, mémoire de D.E.A., Institut de Géographie d'Aix-Marseille II.

Bernard P. (1987), Et si l'on traitait les marchandises comme les voyageurs ? *La Recherche*, Supplément au numéro 190.

Bonitzer J. (1984), Réflexions sur les modèles statistiques de décision, *Revue de Statistique Appliquée*, **32(1)**, Paris.

CEMT (1984), Rapport de la 74ème table ronde d'économie des transports : le coût du transport combiné, Paris, Conférence Européenne des Ministères des Transports.

CEMT (1985), Rapport de la 68ème table ronde d'économie des transports : évolution de la motivation des usagers en matière de choix modal, Paris, Conférence Européenne des Ministères des Transports.

Chiang Y.-S., Roberts P.-O. et Ben-Akiva M. (1981), Developement of a policy sensitive model for forecasting freight demande, MIT, 231 p.

Daganzo C.-F, Fernando B. et Yosef S., (1977), Multinomial probit and qualitative choice : a computationally efficient algorithm, *Transportation Science*, 338-358.

Daughety A. F. (1979), Freight transport demande revisited : A microeconomic view of multimodal, multicharacteristic service uncertainty and the demande for freight transport, *Transportation Research*, **13B** : 281-288.

Daughety A. F. et Inaba F.S. (1981), An analysis of regulatory change in the transportation industry, *Review of Economics and Statistics*. **53** : 246-255.

Dobias G. et Coll. (1982), Le choix modal dans les transports de marchandises, in La demande de transport (Quinet E., ed.), Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 203-224.

Dobias G. (1989), La formation des prix des transports, in Enseignement Supérieur de Transport, Tome I (Frybourg M., ed.), Paradigme, Caen, 6.1-6.21.

Dobias G. (1989), Les transports interrégionaux de personnes : outils de politique et de gestion, Paris, Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 363 p.

Direction des Transports Terrestres (1992), Conditions d'exploitation et prix de revient dans le transport routier de marchandises à longue distance, in Note d'information de la DTT.

Fischer M. M. et Nijkamp P. (1987), From static towards dynamic discrete choice modelling : a state of the art review, *Regional Science and Urban Economics*, **17(1)** : 3-27.

Friedlaender Ann F. et Spady Richard H. (1981), *Freight Transport Regulation : equity, efficiency, and competition in the rail and trucking industries*, The MIT Press, Massachusetts.

Frybourg M. (1989), *Concurrence et complémentarité entre modes*, in *Enseignement Supérieur de Transport*, Tome I (Frybourg M. ed.), Paradigme, Caen, 7.1-7.19.

Gaudry M. (1985), *Modèle de demandes agrégés et désagrégés à la forme variable : résultats sur Montréal et Paris*, *Transports*, 304 : 288-293.

Genton D. L. (1988), *Conception et exploitation de systèmes de transport - Introduction à la planification : aspects méthodologiques et outils*, Paris, Universités Paris I et Paris XII / Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, document pédagogique du cours, polycopie.

Gouveral E. et Hanappe P. (1986), *Enquête auprès des chargeurs : bilan de la pré-enquête*, Rapport INRETS n°13.

Gouveral E., Bredeloup E., Costa G. et Hanappe P. (avri. 1989), *Enquête auprès des chargeurs - Résultats de la deuxième phase*, Rapport INRETS n°92.

Gouveral E., Bredeloup E., Guilbault M., Costa G. et Hanappe P. (sep. 1989), *Pratiques de transport des industries et des commerces de gros - Résultats de l'analyse de 5000 chaînes de transport*, Rapport INRETS n°99.

Harker P. T. (1987), *Predicting intercity freight flows*, VNU Science Press, Utrecht, The Netherlands.

Hivert L. (1985), *Modélisation de la demande de transport : pertinence de l'outil désagrégé, DEA modèle et algorithmes de la décision*, Université de Paris VI.

Hivert L., Orfeuil J.P. et Troulay P. (1988), Modèles désagrégés de choix modal, réflexions méthodologiques autour d'une prévision de trafic, Rapport INRETS n°67.

IRU (1991), les perspectives pour le transport multimodal dans les années 1990 : défis et opportunités, Symposium International de la CCI et du BIC, Paris.

Jan Van Es (1982), Transport de marchandises : une évaluation, Rapport de la 58ème Table ronde d'économie des transports, bilan de la modélisation de la demande : confrontation prévisions / résultats dans les transports urbains et interurbains, Paris, Conférence Européenne des Ministères des Transports, 65-151.

Josselin B. (1988), La SNCF et le transport intermodal, *Revue Générale des Chemins de Fer*, Décembre, pp. 5-12.

Kearney A.T.(en collaboration avec Logitech) (1989), Etude perspective d'un réseau européen de transport combiné, Communauté des Chemins de Fer Européens.

Levin R.C. (1981), Railroad rates, profitability and welfare under deregulation, *Bell J. of Economics*, 12 : 1-26.

Lourdes Z. Granja et Félix M.-C. (1985), Modèle entropiques multimodaux de prévision de flux de transport, *Operation Research*, 19(2) : 143-158.

Manheim M. (1979), Fundamentals of transportation systems Analysis, MIT Press.

Manheim M. et Ben Akiva M. (1982), Les modèles désagrégés, in La demande de transport, de la modélisation des trafics à l'appréciation des besoins, (ouvrage collectif sous la direction de Quinet E., Paris, Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.

Manski, Charles F. Steven R. L. (1977), The estimation of choice probabilities from choice-based samples, *Econometrica*.

Mc FADDEN D. et REID F. (1975), Aggregate travel demande forecasting from disaggregated behavioral models, *Transportation Research Record*, 534, Washington, D.C.

Merlin P. (1984), La planification des transports urbains : enjeux et méthodes, Paris, Masson, 220 p.

Merlin P. (1991), Géographie, économie et planification des transports, Presse Universitaire de France, 472 p.

Niérat P. (1987), Situation de concurrence et aires de marché - cas des transports combinés, Rapport INRETS n°44.

Niérat P. (1990), Transport combiné : organisation des dessertes terminales, Rapport INRETS, n°110.

Niérat P. (1991), Tour de France du transport combiné : zone d'influence de neuf chantiers Novatrans, Rapport INRETS sous convention DTT.

OCDE (1986), Analyse technico-économique du rôle du transport routier de marchandises, Paris, OCDE, 142 p.

OUM Tae Hoon (1979), Derived demand for freight transport and inter-modal competition in Canada, *Journal of transport economic and policy*, 13(2) : 149-168.

OUM Tae Hoon (1979), A cross-sectional study of freight transport demand and rail-truck competition in canada, *Bell J. of Economics*, 10 : 463-482.

Picard G., Nguyen S. et Gaudry M. (1988), Fret : un modèle de simulation des flux de marchandises au Canada, *Cahiers Scientifiques du Transport*, 17-18 : 183-200.

Quandt R.E. et Baumol W.J. (1966), The demand for abstract transport modes : theory and measurements, *J. of Regional Science*, 6.

Quinet E. (1982), édit., La demande de transport, de la modélisation des trafics à l'appréhension des besoins, Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 323 p.

Quinet E., Touzery L. et Triebel H. (1982), Economie des transports, Paris, Economica, 283 p.

Quinet E. et Hamel Z. (1984), Les modèles de flux de transport et la théorie économique du consommateur, *Revue d'économie politique* 94(3) : 329-346.

Quinet E. (1990), Analyse économique des transports, Paris, 302 p.

Rapport BIC (1990), Le transport combiné de l'an 2000? Quel réseau ? Quels chantiers ? Bureau International des Conteneurs.

Rapport Alpha Conseil (1992), La dimension spatio-temporelle de la demande de transport de fret, Alpha Conseil, LAREA, INRETS, 190p.

Rapport Serete (1990), Schéma directeur des relations de ferroutage.

Rizet C. (1986), Analyse de la demande en transports inter régionaux intérieurs de marchandises, la répartition modale fer-route en 1977, Rapport INRETS n°12, 111 p.

Savy M. (1988), Cours de techniques d'exploitation des transports de marchandises, Cours de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.

Savy M., Y a-t-il surcapacité du transport routier de marchandises ? *Transports*, **317** : 405-410.

Savy M. (1988), Le fret : Industrie ou service ? CERTES-LATTS, Paris.

Smith P.L. (1975), Forecasting freight transport demand, the state of the art, *The logistics and Transortation Review*, **10** : 236-311.

Southworth F. (1981), Calibration of multinomial logit models of mode and destination choice, *Transportation Research*, **15A** : 315-325.

Tardiff T.J. (1976), A note of goodness-of-fit statistics for probit and logit models, *Transportation*, **5**, Amsterdam.

Toint P. (1991), La modélisation du transport, *La Recherche*, **235(22)** : 1026-1034.

Watson P. L., Hartweg J. C. and Linton W. E. (1974), Factors influencing shipping mode for intercity freight : a disaggregate approach, *Transpotation Research Forum*, **15** : 138-144.

Winston C. (1981), A disaggrate model of the demande for intercity freight transportation, *Econometrica*, **49(4)** : 981-1006.

Winston C. (1983), The demande for freight transportation : models and applicatoins, *Transportation Research* **17A (6)** : 419-429.

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS	3
ABSTRACT.....	5
REMERCIEMENTS	7
INTRODUCTION GENERALE	11
1. - Problématique.....	11
2. - Approche méthodologique	15
3. - Le plan de la thèse	20
 CHAPITRE 1 LE CHOIX DU TRANSPORT COMBINE : LE CONTEXTE ECONOMIQUE ET LES FACTEURS DU CHOIX MODAL	
Introduction	25
 1.1 - Le marché du transport intérieur de marchandises à longue distance et le choix modal ..	27
1.1.1 - Les modes concurrents et leur répartition modale	27
1.1.2 - L'évolution économique et les facteurs principaux du choix modal.....	32
A. - Les différents segments du marché de transport intérieur de fret	32
B. - Rappel bibliographique sur les facteurs principaux du choix modal.....	34
C. - L'exigence de la notion de qualité de service	36
D. - Nécessité d'une approche logistique du choix modal	38
1.1.3 - Coordination rail-route.....	39

1.2 - Analyse du besoin des acteurs du transport combiné et leurs critères de choix.....	41
1.2.1 - La notion de transport combiné.....	41
A. - Bref historique	41
B. - Les opérateurs du transport combiné	41
1.2.2 - Les principaux acteurs du transport combiné	44
1.2.3 - Les transporteurs routiers et leurs critères de choix	46
A. - Les messagers	46
B. - Les transporteurs de lots.....	47
1.2.4 - Les chargeurs et leurs critères de choix	48
1.3 - L'environnement socio-économique du choix du transport combiné	50
1.3.1 - Les économies d'énergie.....	50
1.3.2 - La saturation progressive du réseau routier	50
1.3.3 - Conséquences sociales	51
1.3.4 - Les gains de productivité.....	52
1.3.5 - La régularité des acheminements et la fiabilité du procédé	52
Conclusion	53
 CHAPITRE 2 L'ETAT DE L'ART DES OUTILS D'ANALYSE	
 AU CHOIX DU MODE DE TRANSPORT	
 Introduction	57

2.1 - Les modèles agrégés.....	61
2.1.1 - Hypothèses fondamentales	61
A. - La notion de mode abstrait	61
B. - La notion de concurrence modale	61
2.1.2 - Les modèles agrégés à répartition modale.....	62
A. - Formulation générale.....	62
B. - Le cas du choix bi-modal	66
2.1.3. - Méthode de l'estimation des paramètres.....	67
2.2 - Les modèles désagrégés.....	69
2.2.1 - Hypothèses de base.....	69
A. - La théorie micro-économique du consommateur.....	69
B. - Hypothèses d'ordre mathématique ou statistique	70
1. - Calcul de probabilité de choix.....	70
2. - Distribution statistique de la variable aléatoire	72
2.2.2 - Les modèles et leur méthode de calibration.....	73
A. - Le modèle "logit"	73
B. - Le modèle "probit"	78
2.2.3 - Deux applications au transport de marchandises	82
A. - Le modèle du MIT	82
B. - Le modèle de l'Université de Montréal	85
Conclusion	89
A. - Avantages et inconvénients de l'approche agée.....	89
B. - Avantages et inconvénients de l'approche désagrégée.....	89
C. - Notre choix des outils d'analyse	90

CHAPITRE 3 PREPARATION DES DONNEES ET DES VARIABLES D'OFFRE

Introduction	95
3.1 - Les données caractérisant la demande de transport	96
3.1.1 - Réseau, chantiers, relations	96
A. - Quels chantiers ?	97
B. - Quelles liaisons ?	97
3.1.2 - La demande en transport combiné	99
A. - L'évolution du transport combiné entre 1981 et 1989.....	99
B. - Modes opératoires des acheminements du transport combiné.....	102
C. - Calcul des matrices de flux	103
3.1.3 - La demande en transport routier.....	110
3.1.4 - Identification des liaisons principales du transport combiné.....	112
A. - La part de marché du transport combiné relation par relation.....	112
B. - La détermination de l'échantillon	112
3.2 - Les données caractérisant l'offre de transport.....	115
3.2.1 - Prix de transport	115
A. - Les prix du transport combiné	116
B. - Les prix du transport routier	123
3.2.2 - Temps de transport	124
A. - L'élaboration des temps du transport combiné.....	124
B. - Les temps du transport routier.....	125
3.2.3 - Distance de transport	125
A. - Distance du transport combiné.....	125
B. - Distance du transport routier	126

3.2.4 - Les variables d'offre spécifiques du transport combiné	127
A. - Plages horaires de départ et d'arrivée	127
B. - Fréquence des acheminements	127
3.3 - L'enquête auprès des chargeurs de l'INRETS	128
3.3.1 - Les modalités de l'enquête	128
3.3.2 - Les variables recensées	129
Conclusion	131
 CHAPITRE 4 ANALYSE DE LA CONCURRENCE	
 TRANSPORT COMBINE - TRANSPORT ROUTIER	
Introduction	135
4.1 - Résultats principaux sur les modèles agrégés	136
4.1.1 - La recherche d'un modèle global explicatif	136
A. - Description de l'échantillon	136
B. - Les modèles explicatifs utilisés	141
C. - La qualité de l'ajustement	148
4.1.2 - Les modèles stratifiés suivant le mode opératoire des acheminements	149
A. - L'organisation spéciale	150
B. - Le lotissement	157

4.1.3 - L'interprétation des résultats des modèles agrégés	162
A. - Deux variables expliquent particulièrement la part de marché du transport combiné : la fréquence des acheminements et le prix du transport	162
B. - Une variable sans grande influence sur la part de marché : le temps du transport combiné.....	163
C. - La prolongation des plages horaires de départ augmente la part de marché du transport combiné	164
D. - Les modèle stratifiés appliqués à l'organisation spéciale expliquent mieux les données	165
4.2 - Modélisation désagrégée sur l'enquête de l'INRETS.....	166
4.2.1 - Description de l'échantillon et de ses filtres	166
4.2.2 - La codification et les tests	169
4.2.3 - Les résultats et la qualité de l'ajustement.....	172
A. - Influence des caractéristiques de l'envoi	172
B. - Influence apportée par l'introduction du code APE de chargeurs	177
4.2.4 - L'interprétation des résultats des modèles désagrégés	183
A. - L'élévation du prix de transport est favorable au choix du transport combiné	183
B. - La valeur absolue de l'envoi s'avère peu significative, mais l'augmentation de sa valeur au kilo est favorable au choix du transport combiné.....	183
C. - Un effet difficile à mettre en évidence : l'effet de la distance	184
D. - Les catégories d'activités de chargeurs ont des positions différentes à l'égard du choix de transport combiné.....	184
Conclusion	185

CONCLUSION GENERALE..... 187

 A. - Les apports de l'analyse..... 187

 B. - Les limites de l'analyse et les perspectives 189

 C. - L'apport à l'évaluation de la politique de transport combiné..... 192

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 195

TABLE DES MATIERES..... 203

LISTE DES FIGURES..... 211

ANNEXES

LISTE DES FIGURES

Figure 2-1	Classification de modèles de demande	60
Figure 2-2	La courbe du modèle "logit" zonal	66
Figure 2-3	La courbe logistique.....	74
Figure 3-1	La localisation des chantiers combinés.....	98
Figure 3-2	Cartographie de la zone d'attraction des chantiers combinés	108
Figure 3-3	Cartographie de la zone d'attraction des chantiers combinés (suite).....	109
Figure 4-1	La part moyenne de marché du transport combiné en fonction des la fréquence des acheminements	163
Figure 4-2	La part moyenne de marché du transport combiné en fonction des plages horaires de départ.....	164
Figure 4-3	La part moyenne de marché du transport combiné en fonction des plages horaires d'arrivée	165

ANNEXE I

MATRICE DES FLUX

Matrice des flux en 1989

- 1a. - Matrice des flux CNC (M_1) inter chantiers combinés en 1989 (Poids taxé annuel) ;
- 1b. - Matrice des flux Novatrans (M_2) inter chantiers combinés en 1989 (Poids taxé annuel) ;
- 1c. - Matrice des flux SNCF (M_3) inter chantiers combinés en 1989 (Poids taxé annuel) ;
- 1d. - Matrice des flux SNCF (M_4) inter chantiers combinés après regroupement en 1989
(Poids taxé annuel).

- 2a. - Matrice des flux routiers (M_5) interdépartementaux en 1989 (Tonne annuelle) ;
- 2b. - Matrice des flux routiers combinables (M_6) interdépartementaux en 1989
(Tonne annuelle).

Matrice des flux en 1991

- 3a. - Matrice des flux CNC (M_7) inter chantiers combinés en 1991 (Poids taxé annuel) ;
- 3b. - Matrice des flux Novatrans (M_8) inter chantiers combinés en 1991 (Poids taxé annuel) ;
- 3c. - Matrice des flux SNCF (M_9) inter chantiers combinés en 1991 (Poids taxé annuel).

- 4a. - Matrice des flux routiers en régime compte d'autrui (M_{10}) interdépartementaux en 1991
(Tonne annuelle).

1a. - MATRICE DES FLUX CNC (M1) INTER CHANTIER COMBINES EN 1989
(Poids taxé annuel)

1/2

O-D	Marseille	Gevrey	Toulouse	Bordeaux	Montpellier	Rennes	St-P-d-C.	Grenoble	Nantes	Agen	Reims	Nancy	Lille-Dunk	Clermont	Hand. Ds
	13	21	31	33	34	35	37	38	44	47	51	54	59	63	64
13 Marseille		1554	3576	5891	7878	709	9518	1705	938	267	755	5982	2361	5847	1085
21 Gevrey	2464		107	18	198	7	48	248	146	0	127	232	16	250	106
31 Toulouse	5842	7		8486	2071	211	70	42	374	497	0	575	11793	3763	214
33 Bordeaux	11388	114	10385		5454	2861	5777	6	1559	1555	287	191	20167	2161	1637
34 Montpellier	3280	54	873	2335		10	9	146	133	91	21	119	462	171	90
35 Rennes	493	39	230	1079	194		524	71	649	7	150	149	742	231	92
37 St-Pierre-des-Corps	2037	23	700	1372	6	145		21	413	21	77	19	367	234	358
38 Grenoble	257	30	65	271	118	0	8		0	0	29	49	42	108	27
44 Nantes	199	0	236	5209	45	722	680	0		6	92	40	350	708	26
47 Agen	530	0	174	709	81	45	0	0	7		14	10	28	32	8
51 Reims	164	0	0	108	28	6	11	0	87	4		142	597	6	16
54 Nancy	4073	47	772	1291	197	102	101	62	432	30	191		148	145	174
59 Lille, Dunkerque	10412	218	13042	12093	462	509	1350	257	484	48	1126	1141		349	675
63 Clermont-Ferrand	2442	118	1440	1790	211	4479	182	305	749	1396	92	26	917		525
64 Hendaye, Dax	1303	8	550	2715	189	79	16	4	97	109	5	37	164	536	
66 Perpignan	3350	56	1695	1251	2136	59	9	31	220	24	585	175	1423	47	238
67 Strasbourg	11282	654	2967	3451	6239	883	117	274	408	60	246	602	2876	283	153
68 Mulhouse	6781	302	2423	7	37	9	8	80	17	0	119	67	16	182	0
69 Vénissieux	7016	662	14749	13017	1399	20	125	4190	2078	34	294	256	10246	2525	29
71 Chalon-sur-Saône	1968	528	192	121	334	0	50	232	76	0	177	59	37	611	85
76 Le Havre, Rouen	2836	1345	1661	14109	2303	4507	5908	1433	1653	448	1459	1580	4253	1543	467
80 Amiens	224	0	355	60	275	49	12	0	142	0	70	96	208	24	17
81 Mazamet	7952	0	237	5693	114	0	0	0	0	23	0	0	859	189	0
84 Avignon	459	71	114	749	254	64	30	120	1620	0	356	828	15075	150	0
87 Limoges	106	34	726	940	19	39	227	3	113	6	354	337	137	307	24
92 Gennevilliers	189	48	2	1812	160	21	30	23	224	0	130	102	85	474	4
93 Nîmes	2	23	0	122	0	18537	6	0	0	0	0	606	0	0	0
94 Valenton	88213	5411	79440	60381	18598	85	3180	6472	163	0	3156	8687	10141	8017	8550
TOTAL	175262	11346	136711	145080	49000	34158	27996	15725	12782	4626	9912	22107	83510	28893	14600

1a. - MATRICE DES FLUX CNC (M1) INTER CHANTIERS COMBINES EN 1989
(Poids taxé annuel)

2/2

O-D	Perpignan	Strasbourg	Mulhouse	Vénissieux	Chalon S.	Le Hav., Ro	Amiens	Mazamet	Avignon	Limoges	Gannervil.	Noisy	Valenton	TOTAL
	66	67	68	69	71	76	80	81	84	87	92	93	94	
13 Marseille	1864	14454	911	9685	2874	373	406	2084	1629	641	4	108	54984	138083
21 Gevrey	248	1160	47	2179	1601	132	50	72	181	0	129	0	4851	14617
31 Toulouse	3959	1684	341	5050	324	1427	150	4782	1164	1254	0	0	35398	89478
33 Bordeaux	1167	3130	46	3660	94	2960	440	3918	556	953	366	22	40661	121515
34 Montpellier	1580	3678	169	1405	231	121	0	857	1380	21	20	0	19503	36759
35 Rennes	1309	804	59	960	310	1471	236	0	162	45	0	33365	399	43770
37 St-Pierre-des-Corps	0	41	0	2417	630	1534	114	0	19	72	48	0	2171	12839
38 Grenoble	94	689	29	2752	93	116	0	75	86	8	0	0	2870	7816
44 Nantes	150	65	0	3848	258	3175	127	586	13325	470	448	0	3268	34033
47 Agen	14	15	0	921	0	37	0	131	6	43	0	0	758	3563
51 Reims	26	461	4	329	178	543	120	0	6409	12	238	5	4910	14404
54 Nancy	554	1438	29	270	103	1696	112	12	1929	25	180	70	5617	19800
59 Lille, Dunkerque	3038	6918	530	23120	30	12942	1736	48	19653	267	3221	250	23466	137385
63 Clermont-Ferrand	136	408	40	4191	701	207	222	96	269	1817	0	0	23867	46626
64 Hendaye, Dax	304	69	7	70	13	75	13	299	10	191	0	0	9846	16709
66 Perpignan		7162	103	444	5	9	10	280	162	52	0	0	10620	30151
67 Strasbourg	3793		1101	5861	432	2646	308	156	1401	167	602	42	37727	84731
68 Mulhouse	142	3421		4569	1780	744	120	489	130	6	524	0	5599	27572
69 Vénissieux	508	2949	401		1883	2008	199	237	727	215	51	0	12180	77998
71 Châlon-sur-Saône	97	803	151	5178		31	47	12	82	4	0	0	7594	18469
76 Le Havre, Rouen	231	2389	2390	8498	1177		6751	240	1351	359	4064	819	37116	110890
80 Amiens	330	715	30	439	0	662		14	23	98	1123	44	5042	10061
81 Mazamet	516	198	0	1456	240	325	3		310	12	12	0	102	18241
84 Avignon	383	6049	65	833	228	250	244	71		25	0	0	111607	139645
87 Limoges	8	29	18	284	9	168	21	42	5		4	0	8448	12408
92 Gennevilliers	0	232	215	663	259	667	187	0	25	36		1652	4116	11356
93 Noisy	0	0	2	58	0	114	119	0	0	0	1585		2248	23422
94 Valenton	1956	14346	3490	22995	3223	2691	1320	60	142924	3954	1106	559		499118
TOTAL	22407	73307	10190	112135	16676	37124	13055	14561	193918	10747	13725	36936	474968	1801459

1b. - MATRICE DES FLUX NOVATRANS (M2) INTER CHANTIERS COMBINES EN 1989
(Poids taxé annuel)

1/2

	O-D	Marselle																Hend. Da
		13	21	Gevrey	Toulouse	Bordeaux	Montpelli	Rennes	St-P.-d.-C.	Grenoble	Nantes	Agen	Reims	Nancy	Lille,Dunk	Clermont	63	
13	Marselle			11	663	2663	420	112	0	45	439	0	0	21	45782	0	0	545
21	Gevrey	57			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
31	Toulouse	466	0			2663	110	26	0	0	397	6994	0	0	11871	0	0	1584
33	Bordeaux	2231	0	0	1691		14	20	0	0	276	3284	0	0	24019	0	0	1821
34	Montpellier	140	0	0	122	14		9	0	0	125	0	0	0	7	0	0	0
35	Rennes	138	0	0	24	27	12		0	0	1070	0	0	0	34	0	0	17
37	St-Pierre-des-Corps	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	Grenoble	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
44	Nantes	306	0	0	283	0	9	165	0	0		0	0	4	32	0	0	0
47	Agen	0	0	0	20	0	12	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
51	Reims	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
54	Nancy	10	0	0	55	0	0	0	0	0	0	0	0		5	0	0	0
59	Lille, Dunkerque	28598	0	0	12999	21358	32	51	0	0	35	0	0	182		0	0	395
63	Clermont-Ferrand	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0
64	Hendaye, Dax	222	0	0	1748	1016	0	25	0	0	0	1899	0	31	853	0		
66	Perpignan	431	0	0	1608	194	250	0	0	0	0	0	0	0	598	0	0	0
67	Strasbourg	1075	0	0	1472	7702	84	318	0	0	144	0	0	391	1234	0	0	39
68	Mulhouse	0	0	0	46	0	0	18	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0
69	Vénissieux	1000	165	0	13855	8911	11	146	0	151	18770	18	0	16	42342	586	426	
71	Châlon-sur-Saône	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76	Le Havre, Rouen	592	0	0	12	15	0	17	0	0	56	0	0	0	145	0	0	0
80	Amiens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
81	Mazamet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	Avignon	542	3	177	221	221	452	0	0	0	2264	0	0	82	26097	0	0	0
87	Limoges	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92	Gennevilliers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
93	Noisy	46795	43		121116	65866	13	33	0	0	0	0	0	134	1914	0	0	0
94	Valenton	87024	0		138534	59459	25955	2321	0	4521	3116	23941	18	0	0	0	0	33105
	TOTAL	169686	222		294425	170109	27374	3261	0	4717	26692	36136	18	861	154955	586		37932

1b. - MATRICE DES FLUX NOVATRANS (M2) INTER CHANTIERS COMBINES EN 1989
(Poids taxé annuel)

2/2

O-D	Perpignan	Strasbourg	Mulhouse	Vénissieux	Châlon S.	Le Hav., Ro	Amiens	Mazamet	Avignon	Limoges	Gennevill.	Noisy	Valenton	TOTAL
	66	67	68	69	71	76	80	81	84	87	92	93	94	
13 Marseille	140	1822	0	1454	0	1616	0	0	0	0	0	45533	70322	171588
21 Gevrey	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
31 Toulouse	2146	184	0	17216	0	0	0	0	0	0	0	86140	149180	278977
33 Bordeaux	0	7166	0	7566	0	44	0	0	0	0	0	60813	58742	167687
34 Montpellier	215	31	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	29598	30268
35 Rennes	0	267	65	138	0	148	0	0	0	0	0	112	330	2382
37 St-Pierre-des-Corps	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38 Grenoble	0	0	0	128	0	0	0	0	0	0	0	0	4570	4698
44 Nantes	0	48	0	28231	0	0	0	0	0	0	0	50	248	29376
47 Agen	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	14	31476	31534
51 Reims	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	18
54 Nancy	0	96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	176
59 Lille, Dunkerque	2284	2417	32	42905	0	742	0	0	0	0	0	4919	2137	119086
63 Clermont-Ferrand	8	14	0	32	0	0	0	0	0	0	0	9	27	149
64 Hendaye, Dax	0	82	0	1647	0	0	0	0	0	0	0	3238	69854	80615
66 Perpignan	0	0	0	0	0	102	0	0	0	0	0	153	9468	12804
67 Strasbourg	33	0	34	259	104	20	0	0	0	0	0	13490	0	26399
68 Mulhouse	0	52	0	20	0	0	0	0	0	0	0	39	0	193
69 Vénissieux	31	188	16	0	0	380	0	0	0	0	0	0	67672	154684
71 Châlon-sur-Saône	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76 Le Havre, Rouen	168	0	0	486	0	0	0	0	0	0	0	994	144	2629
80 Amiens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
81 Mazamet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84 Avignon	173	2418	0	695	0	6700	0	0	0	0	0	63655	112928	216407
87 Limoges	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92 Gennevilliers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
93 Noisy	0	11637	36	21	0	751	0	0	0	0	0	0	7701	256060
94 Valenton	7632	0	0	81390	0	402	0	0	0	0	0	36514	503932	2089808
TOTAL	12830	26422	183	182226	104	10905	0	0	0	0	0	315701	614397	2089808

1c. - MATRICE DES FLUX SNCF (M3) INTER CHANTIERS COMBINES EN 1989
(Poids taxé annuel)

1/2

O-D	Marseille	Gevey	Toulouse	Bordeaux	Montpellier	Rennes	St-P-d-C.	Grenoble	Nantes	Agen	Reims	Nancy	Lille, Dunk	Clermont	Hend. Dax
	13	21	31	33	34	35	37	38	44	47	51	54	59	63	64
13 Marseille		1565	4239	8554	8298	821	9518	1750	1377	267	755	6003	48143	5847	1630
21 Gevey	2521		107	18	198	7	48	248	146	0	127	232	20	250	106
31 Toulouse	6308	7		11149	2181	237	70	42	771	7491	0	575	23664	3763	1798
33 Bordeaux	13619	114	12076		5468	2881	5777	6	1835	4839	287	191	44186	2161	3458
34 Montpellier	3420	54	995	2349		19	9	146	258	91	21	119	469	171	90
35 Rennes	631	39	254	1106	206		524	71	1719	7	150	149	776	231	109
37 St-Pierre-des-Corps	2037	23	700	1372	6	145		21	413	21	77	19	367	234	358
38 Grenoble	257	30	65	271	118	0	8		0	0	29	49	42	108	27
44 Nantes	505	0	519	5209	54	887	680	0		6	92	44	382	708	26
47 Agen	530	0	194	709	93	45	0	0	7		14	10	28	32	8
51 Reims	164	0	0	108	28	6	11	0	87	4		142	597	6	16
54 Nancy	4083	47	827	1291	197	102	101	62	432	30	191		153	145	174
59 Lille, Dunkerque	39010	218	26041	33451	494	560	1350	257	519	48	1126	1323		349	1070
63 Clermont-Ferrand	2501	118	1440	1790	211	4479	182	305	749	1396	92	26	917		525
64 Hendaye, Dax	1525	8	2298	3731	189	104	16	4	97	2008	5	68	1017	536	
66 Perpignan	3781	56	3303	1445	2386	59	9	31	220	24	585	175	2021	47	238
67 Strasbourg	12357	654	4439	11153	6323	1201	117	274	552	60	246	993	4110	283	192
68 Mulhouse	6781	302	2469	7	37	27	8	80	17	0	119	67	34	182	0
69 Vénissieux	8016	827	28604	21928	1410	166	125	4341	20848	52	294	272	52588	3111	455
71 Châlon-sur-Saône	1968	528	192	121	334	0	50	232	76	0	177	59	37	611	85
76 Le Havre, Rouen	3428	1345	1673	14124	2303	4524	5908	1433	1709	448	1459	1580	4398	1543	467
80 Amiens	224	0	355	60	275	49	12	0	142	0	70	96	208	24	17
81 Mazamet	7952	0	237	5693	114	0	0	0	0	23	0	0	859	189	0
84 Avignon	1001	74	291	970	706	64	30	120	3884	0	356	910	41172	150	0
87 Limoges	106	34	726	940	19	39	227	3	113	6	354	337	137	307	24
92 Gennevilliers	189	48	2	1812	160	21	30	23	224	0	130	102	85	474	4
93 Nolsy	46797	66	121116	65988	13	18570	6	0	0	0	0	740	1914	0	0
94 Valenton	175237	5411	217974	119840	44553	2406	3180	10993	3279	23941	3174	8687	10141	8017	41655
TOTAL	344948	11568	431136	315189	76374	37419	27996	20442	39474	40762	9930	22968	238465	29479	52532

1c. - MATRICE DES FLUX SNCF (M3) INTER CHANTIERS COMBINES EN 1989
(Poids taxé annuel)

	O-D	Perpignan	Strasbourg	Mulhouse	Vénissieux	Châlon S.	Le Hav., Ro	Amiens	Mazamet	Avignon	Limoges	Gennevill.	Noisy	Valenton	TOTAL
		66	67	68	69	71	76	80	81	84	87	92	93	94	
13	Marseille	2004	16276	911	11139	2874	1989	406	2084	1629	641	4	45641	125306	309671
21	Gevrey	248	1160	47	2198	1601	132	50	72	181	0	129	0	4851	14697
31	Toulouse	6105	1868	341	22266	324	1427	150	4782	1164	1254	0	86140	184578	368455
33	Bordeaux	1167	10296	46	11226	94	3004	440	3918	556	953	366	60835	99403	289202
34	Montpellier	1795	3709	169	1412	231	121	0	857	1380	21	20	0	49101	67027
35	Rennes	1309	1071	124	1098	310	1619	236	0	162	45	0	33477	729	46152
37	St-Pierre-des-Corps	0	41	0	2417	630	1534	114	0	19	72	48	0	2171	12839
38	Grenoble	94	689	29	2880	93	116	0	75	86	8	0	0	7440	12514
44	Nantes	150	113	0	32079	258	3175	127	586	13325	470	448	50	3516	63409
47	Agen	14	15	0	933	0	37	0	131	6	43	0	14	32234	35097
51	Reims	26	461	4	329	178	543	120	0	6409	12	238	23	4910	14422
54	Nancy	554	1534	29	270	103	1696	112	12	1929	25	180	80	5617	19976
59	Lille, Dunkerque	5322	9335	562	66025	30	13684	1736	48	19653	267	3221	5169	25603	256471
63	Clermont-Ferrand	144	422	40	4223	701	207	222	96	269	1817	0	9	23894	46775
64	Hendaye, Dax	304	151	7	1717	13	75	13	299	10	191	0	3238	79700	97324
66	Perpignan		7162	108	444	5	111	10	280	162	52	0	153	20088	42955
67	Strasbourg	3826		1135	6120	536	2666	308	156	1401	167	602	13532	37727	111130
68	Mulhouse	142	3473		4589	1780	744	120	489	130	6	524	39	5599	27765
69	Vénissieux	539	3137	417		1883	2388	199	237	727	215	51	0	79852	232682
71	Châlon-sur-Saône	97	803	151	5178		31	47	12	82	4	0	0	7594	18469
76	Le Havre, Rouen	399	2389	2390	8984	1177		6751	240	1351	359	4064	1813	37260	113519
80	Amiens	330	715	39	439	0	662		14	23	98	1123	44	5042	10061
81	Mazamet	516	198	0	1456	240	325	3		310	12	12	0	102	18241
84	Avignon	556	8467	65	1528	228	6950	244	71		25	0	63655	224535	356052
87	Limoges	8	29	18	284	9	168	21	42	5		4	0	8448	12408
92	Gennevilliers	0	232	215	663	259	667	187	0	25	36		1652	4116	11356
93	Noisy	0	11637	38	79	0	865	119	0	0	0	1585		9949	279482
94	Valenton	9588	14346	3490	104385	3223	3093	1320	60	142924	3954	1106	37073		1003050
	TOTAL	35237	99729	10375	294361	16780	48029	13055	14561	193918	10747	13725	352637	1089365	3891267

1d. - MATRICE DES FLUX SNCF (M4) INTER CHANTIERS COMBINES APRES REGROUPEMENT EN 1989
(Poids taxé annuel)

1/2

O-D	Marseille	Gevrey	Toulouse	Bordeaux	Montpellier	Rennes	St-P-d-C.	Grenoble	Nantes	Agen	Reims	Nancy	Lille Dunk	Clermont	Hand. Da
	13	21	31	33	34	35	37	38	44	47	51	54	59	63	64
13 Marseille		1573	4428	8812	8322	1349	11003	1804	1545	267	765	6765	48146	5865	1630
21 Gevrey	2521		107	20	198	7	113	248	146	0	127	341	20	250	106
31 Toulouse	6331	7		11507	2183	263	1153	42	809	7491	0	936	23732	3765	2323
33 Bordeaux	14473	116	12318		5638	3241	7515	6	2600	4839	287	275	45133	2362	3518
34 Montpellier	3477	77	1164	3112		157	188	146	378	91	31	423	469	171	90
35 Rennes	1131	92	271	1416	581		1425	110	2670	7	190	286	2029	291	139
37 St-Pierre-des-Corps	3571	123	1556	4903	150	1330		117	1539	146	207	255	758	660	463
38 Grenoble	269	5916	85	275	118	123	8		0	0	29	271	84	108	27
44 Nantes	645	0	580	6195	943	1315	1944	3		6	99	194	682	754	37
47 Agen	530	0	194	709	93	254	17	0	7		14	10	28	32	8
51 Reims	354	6	0	108	117	49	109	224	87	4		260	597	6	95
54 Nancy	5199	132	1982	1521	420	753	592	126	562	90	516		242	280	264
59 Lille, Dunkerque	39168	268	26856	33521	512	9197	2091	267	846	54	1950	3038		382	1078
63 Clermont-Ferrand	2510	118	1460	1825	211	8045	750	305	787	1396	92	65	917		533
64 Hendaye, Dax	1525	8	2324	4622	189	124	154	4	115	2008	5	128	1026	536	
66 Perpignan	3781	56	3322	1456	2391	71	75	31	240	24	585	4792	2280	47	238
67 Strasbourg	12357	654	4439	11153	6323	1306	820	274	602	60	252	1925	4209	283	192
68 Mulhouse	14282	1259	4596	1760	889	2736	3466	1045	2081	772	1632	3456	3276	1580	749
69 Vénissieux	9099	1380	28882	27813	1485	622	322	4656	20859	52	350	1912	52848	3145	461
71 Châlon-sur-Saône	2144	707	192	463	762	41	412	302	228	0	4173	200	85	966	85
76 Le Havre, Rouen	3428	1367	2260	17061	2303	6396	8014	1717	2087	448	1569	4172	4842	1543	467
80 Amiens	224	0	355	68	275	106	12	5	150	0	70	128	327	24	17
81 Mazamet	7952	0	1032	5995	118	0	20	0	0	23	0	0	859	191	11
84 Avignon	10223	117	988	1467	5337	4875	313	467	4012	0	466	1694	41529	590	7
87 Limoges	520	36	2302	2660	2630	220	923	26	772	354	371	401	243	540	167
92 Gennevilliers	225	54	2	2402	160	237	416	281	803	0	164	259	127	565	4
93 Nîmes	47092	66	121217	66018	329	18695	138	4	4	0	87	1318	1987	0	47
94 Valenton	175526	5597	219229	164603	44586	3499	11556	11019	3724	23941	3363	12812	10412	8106	41659
TOTAL	368557	19729	442141	381465	87263	65011	53549	23229	47653	42073	17394	46316	246887	33042	54415

1d. - MATRICE DES FLUX SNCF (M4) INTER CHANTIERS COMBINES APRES REGROUPEMENT EN 1989
(Poids taxé annuel)

O-D	Perpignan	Strasbourg	Mulhouse	Vénissieux	Châlon S.	Le Havre, Ro	Amlens	Mazamet	Avignon	Limoges	Gennevill.	Nolay	Valenton	TOTAL
	66	67	68	69	71	76	80	81	84	87	92	93	94	
13 Marseille	2004	16276	7811	16028	3243	1989	420	2132	18350	1767	64	45641	127420	345419
21 Gevrey	248	1160	3122	2238	1757	132	50	96	969	11	163	8	5153	19311
31 Toulouse	6105	1868	4306	22482	331	1621	150	5209	2833	3814	12	86439	185245	380957
33 Bordeaux	1167	10296	894	11674	205	3369	480	4220	3289	9483	932	61019	100673	310022
34 Montpellier	1806	3709	793	1605	231	137	0	1009	5822	333	20	0	49173	74612
35 Rennes	1341	1381	558	1386	347	3324	349	5	3440	608	272	33723	3209	60581
37 St-Pierre-des-Corps	29	422	1716	3017	991	2578	272	103	700	3027	233	118	8197	37181
38 Grenoble	94	689	1534	3207	147	385	0	87	263	24	1017	4	7454	22218
44 Nantes	199	117	613	32526	569	3532	197	586	18287	2617	965	217	5000	78822
47 Agen	14	15	5	944	0	37	0	131	42	94	12	14	32280	35484
51 Reims	48	461	851	349	1106	563	120	0	6658	23	253	34	5817	18299
54 Nancy	8103	5070	6393	1772	918	2268	295	120	3857	74	971	535	20454	63509
59 Lille, Dunkerque	5551	10918	4046	66274	39	14638	2658	48	55159	442	3465	7507	26946	316919
63 Clermont-Ferrand	144	422	1266	4252	1002	207	222	96	4793	2111	57	937	24041	58564
64 Hendaye, Dax	304	151	7	1717	27	75	13	299	144	562	0	3238	79988	99293
66 Perpignan		7162	272	471	5	111	10	292	926	88	22	153	20205	49106
67 Strasbourg	3826		2844	6687	570	2666	308	156	6127	337	750	13580	37932	120632
68 Mulhouse	528	5891		12475	4569	2695	1195	805	3492	1851	2692	818	22184	102774
69 Vénissieux	562	3700	6059		2753	2554	376	245	5758	269	286	119	95217	271784
71 Châlon-sur-Saône	97	907	2945	5936		162	52	36	453	360	260	19	8070	30057
76 Le Havre, Rouen	399	2389	11409	10688	1884		6783	256	3987	3158	6311	2236	41419	148593
80 Amlens	330	721	272	499	8	662		14	117	98	1183	649	5122	11436
81 Mazamet	526	201	127	1496	240	327	3		728	1127	15	0	221	21212
84 Avignon	895	9863	4560	8529	521	7190	417	207		150	176	63866	248400	416859
87 Limoges	431	46	138	490	391	434	100	591	588		236	91	14077	29778
92 Gennevilliers	0	270	2380	907	617	1829	369	0	212			1705	9384	24484
93 Nolay	778	11758	192	100	14	1090	339	0	63744	1556	1609		11794	349976
94 Valenton	10117	14923	12830	115312	3930	3761	1453	254	258503	6493	1798	38419		1207425
TOTAL	45646	110786	77943	333061	26415	58336	16631	16997	469241	41589	23774	361089	1195075	4705373

2a. - MATRICE DES FLUX ROUTIERS (M5) INTERDEPARTEMENTAUX EN 1989
(Tonne annuelle)

1/2

O-D	Marseille	Gevrey	Toulouse	Bordeaux	Montpellier	Rennes	St-P.-d.-C.	Grenoble	Nantes	Agen	Reims	Nancy	Lille, Dunk	Clermont-	Reims, Da
	13	21	31	33	34	35	37	38	44	47	51	54	59	63	64
13 Marseille		83085	125448	78032	523574	30492	25540	406903	9004	23387	63543	54543	72324	89957	47779
21 Gevrey	52046		24147	2436	12215	18694	23216	50454	6550	4660	73982	106373	58438	38599	0
31 Toulouse	59126	2523		267981	115388	31508	5050	24134	17417	256217	5424	1128	10390	6158	335873
33 Bordeaux	46106	13146	326155		45773	32995	38295	6750	152582	787010	27336	6641	30183	33644	384342
34 Montpellier	363058	42212	222713	71089		5555	1314	101393	11528	33201	14154	5613	23545	29276	9685
35 Rennes	24661	27893	21938	84333	5522		57202	29809	846770	19971	14605	11881	155655	24355	18683
37 St-Pierre-des-Corps	7164	26134	1420	54870	3868	62779		7677	147317	7432	10045	6577	22746	50489	1276
38 Grenoble	279995	63000	35301	34101	37809	17280	22177		27173	4436	41600	100342	59065	75924	10792
44 Nantes	56533	12758	35115	199939	12877	1343880	111583	29099		23307	41491	8186	60162	25395	24446
47 Agen	18952	5609	330259	807776	11900	9827	9833	972	32796		4710	21854	21527	11694	69764
51 Reims	54797	43121	31448	60015	6468	34331	19864	43242	43853	8481		234301	219787	13733	9108
54 Nancy	51507	120138	15248	10338	11346	15879	12604	90511	8440	12174	247338		155221	5721	0
59 Lille, Dunkerque	150499	47350	67107	124798	26030	192370	37404	90576	132936	12779	338386	111682		57386	14080
63 Clermont-Ferrand	76593	62207	21010	42350	33974	5871	61700	75059	53699	3285	23561	36125	48044		5900
64 Hendaye, Dax	32093	14021	347518	1206437	33380	13924	0	24609	31438	343490	8079	7499	30358	4104	
66 Perpignan	168139	11092	106378	49381	86271	14723	30561	41267	26933	28240	13714	8926	55161	19637	9137
67 Strasbourg	71893	164075	39674	29884	24440	35325	37194	46080	41417	19238	108668	839593	198674	31600	9898
68 Mulhouse	24756	60949	19120	16631	10632	17492	29462	98900	9083	7806	53911	157851	165036	26459	2310
69 Vénissieux	410256	358161	93273	124236	86975	59301	49977	2103757	55553	16614	63907	63747	144014	671476	40050
71 Châlon-sur-Saône	128505	599289	26480	55460	13191	40372	18191	120737	37203	18032	59899	8347	42798	112832	6852
76 Le Havre, Rouen	152373	39263	80132	109109	18427	236790	155356	117410	267848	17053	181970	71953	502999	89372	9248
80 Amiens	38380	608	31432	44169	14067	36613	30801	25461	62915	959	36724	15998	533901	10198	5395
81 Mazamet	96530	6471	748520	111660	156071	10065	2245	5265	5550	40543	660	2573	16005	3934	4662
84 Avignon	1365046	38309	88729	66205	319019	5464	12503	92779	9808	31489	9135	42798	62783	29740	2234
87 Limoges	79652	13773	32309	46247	3010	10368	6270	13449	25501	1110	5158	324	22527	37968	13701
92 Gennevilliers	58367	44336	13812	56295	0	77536	10086	28849	16391	4664	67883	32206	195496	11172	5994
93 Nolez	58876	48438	22453	25981	17928	295465	52827	44509	113862	7879	144636	82270	447705	10021	7285
94 Valenton	21436	57485	4914	63169	13430	146112	25854	60100	82490	8096	126605	68111	205754	32696	7456
TOTAL	3947339	2005446	2912053	3842922	1643585	2800961	887109	3779751	2276057	1741553	1787024	2107442	3560298	1553540	1055950

2a. - MATRICE DES FLUX ROUTIERS (M5) INTERDEPARTEMENTAUX EN 1989
(Tonne annuelle)

2/2

O-D	Perpignan	Strasbourg	Mulhouse	Vénissieux	Châlons/S.	Le Hav., Ro	Amiens	Mazamet	Avignon	Limoges	Gennevill.	Nolay	Valenton	TOTAL
	66	67	68	69	71	76	80	81	84	87	92	93	94	
13 Marseille	195589	52820	28447	537965	113885	106343	17660	131727	2222367	26298	60639	54279	17469	5199099
21 Gevrey	668	117755	197856	158102	498888	37488	8795	0	46730	17723	9318	111610	140526	1817169
31 Toulouse	221494	13429	1784	59288	0	9983	9332	383030	11248	37422	1945	0	16502	1903774
33 Bordeaux	9235	8770	6001	124698	11315	73058	4977	136257	39250	120190	29596	36841	45481	2576627
34 Montpellier	206300	11174	6881	130721	23009	11155	2760	213764	145935	297	0	12088	40894	1739314
35 Rennes	0	31774	21712	59777	29802	204855	36329	32663	7956	32173	70928	170207	129904	2171358
37 St-Pierre-des-Corps	233	5039	2929	32963	10558	84887	8725	0	5600	84142	5852	42635	59115	752472
38 Grenoble	2250	27005	81604	1786671	128457	76963	5344	22489	95543	10719	19971	32435	112821	3211267
44 Nantes	0	11854	10230	43247	17006	175864	46166	4873	16500	58787	15581	28278	182760	2595917
47 Agen	32758	17086	0	5612	0	21355	14423	104492	12140	31794	5615	0	36253	1639001
51 Reims	11002	163392	45616	101170	55462	154441	48533	0	7308	13263	25132	136130	267895	1851893
54 Nancy	4180	244530	147318	43362	44635	93050	53713	0	6623	5214	53090	54285	73583	1580048
59 Lille, Dunkerque	17751	160292	76995	258857	62755	535198	1061127	21453	67918	31780	234062	508220	341074	4780865
63 Clermont-Ferrand	0	8404	15127	177297	144718	76933	7568	16300	51173	56880	6684	35314	35848	1181624
64 Hendaye, Dax	33898	12276	18624	27988	8317	44221	9015	56452	17080	17166	34285	25594	35115	2436981
66 Perpignan		32572	7836	66938	9652	20428	9817	8080	81657	18893	5275	24112	60110	1014930
67 Strasbourg	5194		1262729	117549	93958	56254	30264	12576	29802	5183	30625	98421	72831	3513039
68 Mulhouse	19266	820389		99590	20830	46073	58289	17265	15589	20676	18745	60262	52908	1950280
69 Vénissieux	32348	77633	122799		1039949	100960	13556	40749	188684	14259	59671	90516	178416	6300837
71 Châlons-sur-Saône	3947	35242	107100	588393		55042	12209	0	97538	14014	27941	25102	37444	2292110
76 Le Havre, Rouen	6459	95369	46309	212289	64861		585994	5935	22532	36058	244293	377445	488965	4235812
80 Amiens	244	16028	1927	45362	9762	1099156		0	10769	15994	20021	80693	116929	2304506
81 Mazamet	55004	2796	2970	41299	6803	2228	888		90000	16534	17844	15381	10593	1473094
84 Avignon	49087	39270	58189	141520	17807	22886	13967	20626		0	11050	8876	92725	2652044
87 Limoges	1661	2340	1676	49635	5042	5182	22355	43050	12464		2938	25655	20158	503523
92 Gennevilliers	0	13464	19846	54643	7783	110002	5861	0	11052	3262		828903	603005	2280908
93 Nolay	3997	114356	109383	124364	10013	312122	42221	8037	28671	19699	1116805		716963	3986766
94 Valenton	7478	81144	28080	151458	17264	218200	86131	12137	13012	53234	664383	802321		3058550
TOTAL	920043	2216203	2429968	5240758	2452531	3754327	2216019	1291955	3355141	761654	2792289	3685603	3986287	71003808

2b. - MATRICE DES FLUX ROUTIERS COMBINABLES (M6) INTERDEPARTEMENTAUX EN 1989
(Tonne annuelle)

1/2

O-D	Marseille	Gevrey	Toulouse	Bordeaux	Montpellier	Rennes	St-P-d.-C.	Grenoble	Nantes	Agen	Reims	Nancy	Lille, Dunk	Clermont	Hand. D.
	13	21	31	33	34	35	37	38	44	47	51	54	59	63	64
13 Marseille		47974	106055	72557	492237	30492	20040	300931	9004	23387	31585	49840	66503	89957	42293
21 Gevrey	50958		24147	2436	12215	18694	23216	39209	6550	4660	59381	97192	51980	27539	0
31 Toulouse	52326	2532		222138	105423	31508	5050	24134	17417	251837	5424	1128	10390	6158	249165
33 Bordeaux	46106	13146	310611		45773	32995	31504	6750	152582	698152	27336	6641	30183	27949	367608
34 Montpellier	259120	42212	195413	71089		5555	1314	82097	11528	28001	10612	5613	23545	23842	7687
35 Rennes	19011	22393	21938	75277	5522		27477	29809	775537	19971	14605	11881	130833	24355	18683
37 St-Pierre-des-Corps	7164	26134	1420	54870	3868	27004		7677	45328	2220	10045	6577	9719	41081	1276
38 Grenoble	235716	62518	35301	31273	32534	17280	22177		21973	4436	41600	100342	55056	67899	10792
44 Nantes	56533	12758	35115	161302	12877	1055495	99005	29099		23307	41491	8186	54190	25395	18664
47 Agen	18952	5609	226802	475516	11900	9827	4662	972	32796		4710	14020	21527	11694	64506
51 Reims	49600	43121	22393	46514	880	34331	19864	43242	43853	8481		178921	175108	13733	9108
54 Nancy	19983	69389	2808	5740	11346	10454	6884	66714	8440	12174	154953		52642	443	0
59 Lille, Dunkerque	137893	42070	60866	124798	25100	187258	27330	79441	118948	12779	202513	98516		49254	14080
63 Clermont-Ferrand	71423	62207	21010	42350	33974	5871	61700	68146	48297	3285	22736	36125	48044		5900
64 Hendaye, Dax	21889	0	244513	184872	16575	8924	0	10797	18896	36808	2273	237	12004	1774	
66 Perpignan	147848	11092	85881	44497	62184	14723	19487	26265	26933	22754	8397	8926	55161	19637	9137
67 Strasbourg	71721	158650	39674	29884	24440	30186	37194	42068	41417	19238	104428	804004	198674	31600	9895
68 Mulhouse	24756	60607	17445	16631	10632	16769	29462	98900	9083	7806	53911	151649	153238	26459	2310
69 Vénissieux	374877	343622	86495	121194	82575	59301	47349	1682888	55246	16614	58757	63747	123713	551460	40050
71 Châlon-sur-Saône	100579	328001	11170	33760	12759	40322	18191	79870	31613	18032	42788	8347	39726	90960	1664
76 Le Havre, Rouen	147933	27420	74490	109109	18427	221985	150512	117410	259191	17053	171167	66804	428350	89372	9248
80 Amiens	38158	608	31432	44169	14067	33038	24899	20095	57707	959	36724	15998	414858	10198	5395
81 Mazamet	83077	5139	468486	93490	128811	10065	848	5265	5550	40543	660	2420	10832	3934	4662
84 Avignon	1024068	38309	88729	60560	236669	5464	12503	45985	9808	26161	9135	37228	62783	24284	2234
87 Limoges	34102	13773	32309	44391	3010	10368	6270	2849	25501	1110	5158	324	22527	37968	13701
92 Gennevilliers	58367	42156	4834	50920	0	77536	10086	25299	10693	4664	67883	30512	190037	11172	0
93 Nîmes	53295	42767	22453	25981	17928	276200	31341	34104	98042	2613	110636	70451	351648	6709	7285
94 Valenton	21436	57462	4914	63169	13430	146112	25854	55460	71335	8096	123293	56852	175381	32696	7456
TOTAL	3226891	1581669	2276704	2308487	1435156	2417757	764219	3025476	2013268	1315141	1422201	1932481	2968652	1347552	922799

2b. - MATRICE DES FLUX ROUTIERS COMBINALES (M6) INTERDEPARTEMENTAUX EN 1989
(Tonne annuelle)

2/2

	O-D	Perpignan	Strasbourg	Mulhouse	Vénissieux	Châlon/s.	Le Hav., Ro	Amlens	Mazamet	Avignon	Limoges	Gennevill.	Nolay	Valenton	TOTAL
		66	67	68	69	71	76	80	81	84	87	92	93	94	
13	Marseille	189311	52820	21507	478043	90332	100351	17660	131727	936004	22753	60639	43356	197366	3724724
21	Gevevey	668	101340	124156	101298	154304	37488	8795	0	41740	13693	6726	111610	135551	1255546
31	Toulouse	208280	13429	1784	59288	0	9983	9332	337420	11248	37422	1945	0	11232	1685993
33	Bordeaux	9235	8536	6001	120218	11315	73058	4977	115955	39250	106046	29596	36841	45481	2403845
34	Montpellier	206300	11174	6881	119141	23009	5628	2760	213764	134985	297	0	12088	40894	1544549
35	Rennes	0	31774	21712	59777	29802	194414	36329	27999	7956	32173	65278	158863	128051	1991420
37	St-Pierre-des-Corps	233	5039	2929	32963	5652	62935	8725	0	5600	77672	3978	16724	59115	525948
38	Grenoble	0	27005	76083	997676	66457	76963	5344	8495	85998	10719	19971	30737	108461	2252806
44	Nantes	0	11854	10230	43247	11426	170287	39407	0	15723	55819	12141	28278	182760	2214589
47	Agen	32758	17086	0	5612	0	21355	14423	60462	12140	29604	5615	0	36253	1138801
51	Reims	11002	152946	38951	100611	55462	112154	48533	0	7308	13263	25132	117048	237027	1608586
54	Nancy	0	208588	114530	38370	34515	68451	25357	0	6623	0	8860	38685	62447	1028396
59	Lille, Dunkerque	17751	151247	71250	233236	54380	444187	861354	21453	67918	31780	210504	447194	324331	4117431
63	Clermont-Ferrand	0	8404	4993	160850	75246	76933	4760	10684	40279	56880	6684	35314	35848	1047943
64	Hendaye, Dax	13378	8435	5750	8015	3042	27796	8771	26250	5797	0	8073	20050	3875	698794
66	Perpignan		27072	7836	50678	9652	14928	0	8080	63470	18893	0	24112	54510	842153
67	Strasbourg	5194		1181974	110947	88406	56254	20987	9996	29802	5183	30625	92077	72831	3347349
68	Mulhouse	19266	664559		82502	20830	44547	58289	17265	15589	20676	15304	60262	52908	1751655
69	Vénissieux	32348	77633	115865		922124	95400	13556	40749	177473	14259	59671	79416	178416	5514798
71	Châlon-sur-Saône	3947	35242	53164	468645		50290	12209	0	91028	9984	27941	25102	37444	1672778
76	Le Havre, Rouen	6459	90551	46309	206729	64861		562204	5935	22532	36058	237831	343859	479081	4010880
80	Amlens	244	10968	1927	45362	9762	305580		0	10769	15994	20021	79974	116929	1365835
81	Mazamet	44076	2796	1318	36300	5191	2228	888		25900	16534	12012	15381	9435	1035841
84	Avignon	49087	39270	46096	117237	17807	22886	13967	5376		0	11050	8876	92725	2108297
87	Limoges	1661	2340	1676	29235	5042	5182	12555	4305	12464		2938	25655	20158	376572
92	Gennevilliers	0	13464	16726	54643	6464	91383	2981	0	11052	3262		671676	341523	1797333
93	Nolay	3997	76315	98631	107494	10013	285488	40493	8037	28671	19699	510771		427384	2768446
94	Valenton	7478	81144	28080	146108	17264	210926	70539	6425	13012	53234	613213	774481		2884850
	TOTAL	862673	1931031	2106359	4014225	1792358	2667075	1905195	1060377	1920331	701897	2006519	3297659	3492036	56716158

3a. - MATRICE DES FLUX CNC (M7) INTER CHANTIERS COMBINES EN 1991
(Poids taxé annuel)

O-D	Marseille	Gevrey	Toulouse	Bordeaux	Montpellier	Rennes	St-P-d-C.	Grenoble	Nantes	Agen	Reims	Nancy	Lille, Dunk	Clermont	Hand, Da
	13	21	31	33	34	35	37	38	44	47	51	54	59	63	64
13	Marseille														
21	Gevrey	8240													
31	Toulouse	12466	14	7309	1948	19	194	188	207	660	78	81	17320	4117	28
33	Bordeaux	27156	17	8938	231	168	1360	0	325	274	293	14	29409	2472	1832
34	Montpellier	99	14	519	281	27	14	0	94	0	209	31	107	55	2
35	Rennes	401	0	10	209	15	192	0	442	0	482	17	760	417	86
37	St-Pierre-des-Corps	4334	36	145	337	30	50	0	332	0	39	0	76	753	132
38	Grenoble	16836	97	4	0	25	0	0	0	0	46	9	125	13	0
44	Nantes	1334	39	148	665	0	363	7	35	0	224	19	707	324	27
47	Agen	175	0	586	307	0	0	0	35	0	0	0	4	79	5
51	Reims	257	296	18	97	5	0	0	14	0	0	329	70	29	0
54	Nancy	3670	90	210	617	142	72	57	181	0	346	170	23	484	
59	Lille, Dunkerque	13018	60	33588	20299	762	101	51	315	0	598	269	141	310	
63	Clermont-Ferrand	8970	89	934	272	12479	301	112	424	0	240	4236	20	360	
64	Hendaye, Dax	123	0	386	4174	5	95	5	80	4	9	55	1148	929	
66	Perpignan	2001	10	11383	1614	132	0	8	284	0	461	357	7071	149	27
67	Straasbourg	10499	274	1353	1507	530	56	205	28	0	820	1253	7086	56	2825
68	Mulhouse	1511	298	0	5	9	0	173	0	0	220	155	28	6	0
69	Vénissieux	9851	344	12730	9093	54	134	4302	2399	8	607	496	18027	13383	17
71	Châlon-sur-Saône	3517	74	0	20	10	24	323	0	0	134	15	0	1516	0
76	Le Havre, Rouen	11648	11225	3327	48021	1095	9943	1540	20970	96	2382	6090	3074	10238	56
80	Amiens	1646	0	424	26	0	0	0	14	37	128	112	51	3	0
81	Mazamet	4751	0	231	849	0	0	0	24	0	70	0	0	239	12
84	Avignon	128	160	182	109	90	77	70	3677	0	96	13098	55617	631	6
87	Limoges	671	0	419	92	79	101	0	29	30	0	25	249	329	0
92	Gennevilliers	106	10	17	540	8	14	0	14	0	40	6	12	0	0
93	Nolsy	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
94	Valenton	83348	2541	100380	56767	6912	2882	6699	6377	0	3000	6199	7089	6109	4206
	TOTAL	226756	18675	194948	178285	23169	16240	15798	38061	1915	11285	43537	167309	48721	10650

3a. - MATRICE DES FLUX CNC (M7) INTER CHANTIERS COMBINES EN 1991
(Poids taxé annuel)

2/2

O-D	Perpignan	Strasbourg	Mulhouse	Vénissieux	Chalon S.	Le Hav., Ro	Amiens	Mazamet	Avignon	Limoges	Gennevill.	Noisy	Valenton	TOTAL
	66	67	68	69	71	76	80	81	84	87	92	93	94	
13 Marseille	771	15239	603	4691	3416	20390	68	16321	1570	48	0	0	67080	218638
21 Gevrey	0	1031	82	1366	1078	4549	34	0	96	0	36	0	1743	20321
31 Toulouse	16523	2285	11	6188	334	1509	187	5454	279	510	0	0	55504	133413
33 Bordeaux	714	337	24	1524	0	79611	678	2698	530	1558	906	0	47455	208524
34 Montpellier	137	3185	26	644	4	192	63	0	210	5	0	0	25406	31324
35 Rennes	883	624	0	42	0	2748	608	0	16	19	220	0	5698	13889
37 St-Pierre-des-Corps	0	5	13	467	0	3189	103	0	81	14	308	0	1670	12114
38 Grenoble	8	415	397	2799	289	893	0	0	91	0	0	0	1136	23183
44 Nantes	20	68	0	3899	4	2924	206	0	6538	79	566	0	3713	22068
47 Agen	55	0	12	178	0	31	0	24	0	30	0	0	258	1803
51 Reims	0	351	179	147	51	1199	161	0	1543	0	213	0	9156	14115
54 Nancy	1546	1525	165	256	485	2596	82	0	18802	17	401	0	6934	38979
59 Lille, Dunkerque	6810	3361	126	52663	7	28552	849	0	110796	1010	1557	0	10379	285884
63 Clermont-Ferrand	104	464	67	11121	241	3363	43	0	136	180	0	0	9434	53789
64 Hendaye, Dax	50	32	0	55	0	27658	12	120	0	238	0	0	4009	39215
66 Perpignan		5141	1181	920	43	1074	0	77	265	72	0	0	33306	65984
67 Strasbourg	4996		964	2950	125	1531	81	0	284	44	2	196	39586	80833
68 Mulhouse	36	2129		642	531	983	36	0	9	0	283	0	3500	10554
69 Vénissieux	188	1945	160		1122	83469	64	0	672	63	0	0	33564	193748
71 Chalon-sur-Saône	0	215	134	1233		2548	3	0	0	7	47	0	3547	13367
76 Le Havre, Rouen	662	9545	3043	57116	12119		476	74	3110	1584	2985	0	60489	281644
80 Amiens	0	9	0	468	56	809		0	87	764	47	0	5168	9901
81 Mazamet	0	30	12	170	0	383	0		35	0	0	0	325	7259
84 Avignon	5409	3374	5	1168	132	1016	0	24		0	0	0	114742	200148
87 Limoges	9	6	0	36	0	454	27	0	0		0	0	7777	10333
92 Gennevilliers	0	463	10	329	81	8284	58	0	4	8		0	1372	11394
93 Noisy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72		908	1022
94 Valenton	9754	17516	2187	41909	1437	34959	1014	0	172318	813	871	130		594475
TOTAL	48675	69295	9401	192981	21555	314914	4853	24792	317472	7063	8514	326	553859	2597921

3b.- MATRICE DES FLUX NOVATRANS (M8) INTER CHANTIERIS COMBINES EN 1991
(Poids taxé annuel)

1/2

O-D	Marseille	Gevrey	Toulouse	Bordeaux	Montpellier	Rennes	St-P-d.-C.	Grenoble	Nantes	Agen	Reims	Nancy	Lille, Dunk	Clermont-	Hend. Da
	13	21	31	33	34	35	37	38	44	47	51	54	59	63	64
13 Marseille		69	1375	2064	135	41	0	0	171	240	0	16	40953	0	25
21 Gevrey	55		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
31 Toulouse	424	0		633	0	36	0	0	72	5853	0	0	23930	0	99
33 Bordeaux	2612	0	2426		0	44	0	0	70	1872	0	0	16225	0	592
34 Montpellier	814	0	503	0		0	0	0	0	154	0	0	99	0	0
35 Rennes	48	0	18	0	6		0	0	1326	0	0	0	142	0	0
37 St-Pierre-des-Corps	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
38 Grenoble	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
44 Nantes	2664	0	61	9	0	17	16	0		0	0	0	11	0	0
47 Agen	0	0	36	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
51 Reims	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0
54 Nancy	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0
59 Lille, Dunkerque	37519	0	23931	14669	57	40	0	0	0	0	0	0		0	1156
63 Clermont-Ferrand	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
64 Hendaye, Dax	37	0	634	756	0	0	0	0	0	1177	0	0	619	0	
66 Perpignan	316	6	1803	133	43	0	0	0	0	0	0	0	10695	0	108
67 Strasbourg	3058	0	309	1811	10	38	0	0	0	0	0	507	1481	0	0
68 Mulhouse	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	16	0	0
69 Vénissieux	1768	79	9430	6650	0	116	0	0	20620	0	0	0	45017	241	4650
71 Châlon-sur-Saône	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76 Le Havre, Rouen	1197	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	238	0	0
80 Amiens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
81 Mazamet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84 Avignon	1456	0	180	99	266	4	0	0	5962	0	0	1735	32115	0	0
87 Limoges	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92 Gennevilliers	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
93 Nolsay	39405	26	204976	67165	14	5	0	0	16	0	0	180	2298	0	7
94 Valenton	77399	0	764	213	31674	71	0	4374	24	0	0	0	106	4	128
TOTAL	168788	180	246458	94202	32205	429	16	4374	28261	9296	0	2438	173950	245	6765

3b. - MATRICE DES FLUX NOVATRANS (M8) INTER CHANTIERS COMBINES EN 1991

(Poids taxé annuel)

2/2

O-D	Perpignan	Strasbourg	Mulhouse	Vénissieux	Châlon /S.	Le Hav., Ro	Amlens	Mazamet	Avignon	Limoges	Gennevill.	Nolay	Valenton	TOTAL
	66	67	68	69	71	76	80	81	84	87	92	93	94	
13 Marseille	142	8507	0	717	0	439	0	0	2917	0	0	38940	65734	162485
21 Gevrey	0	0	0	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102
31 Toulouse	953	103	0	9329	0	0	0	0	174	0	0	168836	0	210442
33 Bordeaux	19	1999	0	5236	0	0	0	0	378	0	0	54841	76	86390
34 Montpellier	177	62	0	632	0	0	0	0	1719	0	0	0	33734	37894
35 Rennes	0	34	42	84	0	0	0	0	6	0	0	0	6	1712
37 St-Pierre-des-Corps	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38 Grenoble	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	4380	4416
44 Nantes	0	19	0	27279	0	107	0	0	7576	0	0	29	8	37796
47 Agen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	42
51 Reims	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54 Nancy	0	88	18	0	0	0	0	0	1613	0	0	0	0	1735
59 Lille, Dunkerque	19253	134	0	49093	0	299	0	0	43341	0	0	1032	122	190646
63 Clermont-Ferrand	0	0	0	16	0	0	0	0	9	0	0	0	23	60
64 Hendaye, Dax	8	0	0	694	0	0	0	0	81	0	0	3569	0	7575
66 Perpignan	0	8	0	125	0	197	0	0	117	0	0	30	1252	14833
67 Strasbourg	146	0	0	322	0	0	0	0	2181	0	0	6668	0	16531
68 Mulhouse	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
69 Vénissieux	115	176	0	0	0	271	0	0	753	0	0	38	56390	146314
71 Châlon-sur-Saône	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76 Le Havre, Rouen	0	0	0	0	0	0	0	0	1254	0	0	345	82	3116
80 Amlens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
81 Mazamet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
84 Avignon	645	2034	0	644	0	312	0	0	0	0	0	70252	3209	118913
87 Limoges	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
92 Gennevilliers	0	0	0	0	0	84	0	0	0	0	0	0	0	84
93 Nolay	2502	5938	0	4	0	1345	0	0	68668	0	0	0	1275	393824
94 Valenton	711	0	0	62747	0	0	0	0	3423	0	0	564	182202	1617164
TOTAL	24671	19121	60	157000	0	3054	0	0	134210	0	0	345150	166291	1617164

3c. - MATRICE DES FLUX SNCF (M9) INTER CHANTIERS COMBINES EN 1991
(Poids taxé annuel)

O-D	Marseille	Gevrey	Toulouse	Bordeaux	Montpellier	Rennes	St-P.-d.-C.	Grenoble	Nantes	Agen	Reims	Nancy	Lille, Dunk.	Clermont-	Hand, D.
	13	21	31	33	34	35	37	38	44	47	51	54	59	63	64
13 Marseille		3056	20204	27128	761	441	317	1494	1955	1046	422	10064	60042	6343	257
21 Gevrey	8295		0	145	11	0	0	564	12	0	341	623	5	367	3
31 Toulouse	12890	14	0	7942	1948	55	194	188	279	6513	78	81	41250	4117	127
33 Bordeaux	29768	17	11364	0	231	212	1360	0	395	2146	293	14	45634	2472	2424
34 Montpellier	913	14	1022	281	0	27	14	0	94	154	209	31	206	55	2
35 Rennes	449	0	28	209	21	0	192	0	1768	0	482	17	902	417	86
37 St-Pierre-des-Corps	4334	36	145	337	50	30	0	0	332	0	39	0	76	753	132
38 Grenoble	16836	97	4	0	25	0	0	0	0	0	46	9	125	13	0
44 Nantes	3998	39	209	674	0	211	379	7	0	0	224	19	718	324	27
47 Agen	175	0	622	307	0	24	0	0	35	0	0	0	4	79	5
51 Reims	257	296	18	97	5	0	0	0	14	0	0	329	70	29	0
54 Nancy	3686	90	210	617	108	142	72	57	181	0	346	0	170	23	484
59 Lille, Dunkerque	50537	60	57519	34968	319	802	101	51	315	0	598	269	0	141	1466
63 Clermont-Ferrand	8970	89	946	272	199	12479	301	112	424	0	240	4236	20	0	360
64 Hendaye, Dax	160	0	1020	4930	28	5	95	5	80	1181	9	55	1767	929	0
66 Perpignan	2317	16	13186	1747	451	132	0	8	284	0	461	357	17766	149	135
67 Strasbourg	13557	274	1662	3318	3592	568	56	205	28	0	820	1760	8567	56	2825
68 Mulhouse	1511	298	0	5	0	26	0	173	0	0	220	155	44	6	0
69 Vénissieux	11619	423	22160	15743	1056	170	134	4302	23019	8	607	496	63044	13624	4667
71 Châlon-sur-Saône	3517	74	0	20	0	10	24	323	0	0	134	15	0	1516	0
76 Le Havre, Rouen	12845	11225	3327	48021	736	1095	9943	1540	20970	96	2382	6090	3312	10238	56
80 Amiens	1646	0	424	26	52	0	0	0	14	37	128	112	51	3	0
81 Mazamet	4751	0	231	849	128	0	0	0	24	0	70	0	0	239	12
84 Avignon	1584	160	362	208	603	94	77	70	9639	0	96	14833	87732	631	6
87 Limoges	671	0	419	92	0	79	101	0	29	30	0	25	249	329	0
92 Gennevilliers	106	10	17	540	18	8	14	0	14	0	40	6	12	0	0
93 Noidy	39405	26	205018	67165	14	5	0	0	16	0	0	180	2298	0	7
94 Valenton	160747	2541	101144	56980	50732	6983	2882	11073	6401	0	3000	6199	7195	6113	4334
TOTAL	395544	18855	441406	272487	61077	23598	16256	20172	66322	11211	11285	45975	341259	48966	17415

3c. - MATRICE DES FLUX SNCF (M9) INTER CHANTIERS COMBINES EN 1991
(Poids taxé annuel)

2/2

O-D	Perpignan	Strasbourg	Mulhouse	Vénissieux	Chalon S.	Le Hav., Ro	Amiens	Mazamet	Avignon	Limoges	Gennevill.	Nolsy	Valenton	TOTAL
	66	67	68	69	71	76	80	81	84	87	92	93	94	
13 Marseille	913	23746	603	5408	3416	20829	68	16321	4487	48	0	38940	132814	381123
21 Gevrey	0	1031	82	1408	1078	4549	34	0	96	0	36	0	1743	20423
31 Toulouse	17476	2388	11	15517	334	1509	187	5454	453	510	0	168836	55504	343855
33 Bordeaux	733	2336	24	6760	0	79611	678	2698	908	1558	906	54841	47531	294914
34 Montpellier	314	3247	26	1276	4	192	63	0	1929	5	0	0	59140	69218
35 Rennes	883	658	42	126	0	2748	608	0	22	19	220	0	5704	15601
37 St-Pierre-des-Corps	0	5	13	467	0	3189	103	0	81	14	308	0	1670	12114
38 Grenoble	8	415	397	2835	289	893	0	0	91	0	0	0	5516	27599
44 Nantes	20	87	0	31178	4	3031	206	0	14114	79	566	29	3721	59864
47 Agen	55	0	12	178	0	31	0	24	0	30	0	6	258	1845
51 Reims	0	351	179	147	51	1199	161	0	1543	0	213	0	9156	14115
54 Nancy	1546	1613	183	256	485	2596	82	0	20415	17	401	0	6934	40714
59 Lille, Dunkerque	26063	3495	126	101756	7	28851	849	0	154137	1010	1557	1032	10501	476530
63 Clermont-Ferrand	104	464	67	11137	241	3363	43	0	145	180	0	0	9457	53849
64 Hendaye, Dax	58	32	0	749	0	27658	12	120	81	238	0	3569	4009	46790
66 Perpignan	0	5149	1181	1045	43	1271	0	77	382	72	0	30	34558	80817
67 Strasbourg	5142	0	964	3272	125	1531	81	0	2465	44	2	6864	39586	97364
68 Mulhouse	36	2148	0	642	531	983	36	0	9	0	283	0	3500	10606
69 Vénissieux	303	2121	160	0	1122	83740	64	0	1425	63	0	38	89954	340062
71 Chalon-sur-Saône	0	215	134	1233	0	2548	3	0	0	7	47	0	3547	13367
76 Le Havre, Rouen	662	9545	3043	57116	12119	0	476	74	4364	1584	2985	345	60571	284760
80 Amiens	0	9	0	468	56	809	0	0	87	764	47	0	5168	9901
81 Mazamet	0	30	12	170	0	383	0	0	35	0	0	0	325	7259
84 Avignon	6054	5408	5	1812	132	1328	0	24	0	0	0	70252	117951	319061
87 Limoges	9	6	0	36	0	454	27	0	0	0	0	0	7777	10333
92 Gennevilliers	0	463	10	329	81	8368	58	0	4	8	0	0	1372	11478
93 Nolsy	2502	5938	0	4	0	1345	0	0	6868	0	72	0	2183	394846
94 Valenton	10465	17516	2187	104656	1437	34959	1014	0	175741	813	871	694	0	776677
TOTAL	73346	88416	9461	349981	21555	317968	4853	24792	451682	7063	8514	345476	720150	4215085

4a. - MATRICE DES FLUX ROUTIERS EN REGIME COMPTE D'AUTRUI INTERDEPARTEMENTAUX EN 1991
(Tonne annuelle)

1/2

O-D	Marseille	Gevrey	Toulouse	Bordeaux	Montpellier	Rennes	St-P-d-C	Grenoble	Nantes	Agen	Reims	Nancy	Lille	Dunk	Clermont	Hand. Da
	13	21	31	33	34	35	37	38	44	47	51	54	59	63	64	
13 Marseille		68530	208827	87421	396618	35550	14180	252690	39143	16850	13326	18779	98466	48578	18865	
21 Gevrey	52374		26385	40921	13473	26430	4347	15033	7399	12550	44635	28042	33291	28873	12921	
31 Toulouse	129745	9235		366029	98025	23147	0	14703	17705	136219	799	0	20757	16601	191691	
33 Bordeaux	49335	18758	373929		33568	47934	17363	33032	128251	506916	16184	0	60089	37251	447692	
34 Montpellier	253922	32607	127837	57953		11515	4848	61950	6749	17606	2824	5456	31709	11873	9918	
35 Rennes	7988	23004	23821	37603	0		30307	19735	318047	19806	9657	12773	54650	31996	5754	
37 St-Pierre-des-Corps	6343	3498	4153	12482	5408	76977		15344	222962	6507	13380	201	29384	16832	615	
38 Grenoble	288715	47207	53160	45405	23701	15578	17595		19422	19140	24787	6079	141771	128652	22972	
44 Nantes	31404	2845	13787	120522	3671	751958	205897	20948		22401	42657	16111	66644	38679	15333	
47 Agen	11128	3800	234202	270762	25630	0	11162	20498	21584		1387	14437	14479	6738	53172	
51 Reims	39295	69110	6147	36315	16937	65844	25919	20240	22491	8867		127606	203379	24652	23776	
54 Nancy	17986	126510	12957	11330	17324	4453	0	39804	943	22427	151087		96085	15479	23716	
59 Lille, Dunkerque	144469	28796	66651	119716	21819	109588	64613	29673	95480	14766	243139	79921		48425	1320	
63 Clermont-Ferrand	84040	33441	11870	59240	0	30589	16908	52276	35232	22392	11021	20422	46941		20582	
64 Hendaye, Dax	829	807	115861	373769	41506	7110	17017	29578	4851	14126	0	1107	13627	0		
66 Perpignan	18181	10660	132890	76361	83814	9250	25807	8088	20605	1550	17373	0	63079	2122	13708	
67 Strasbourg	90692	132603	23551	38035	5758	85551	29159	51555	16840	0	112274	458325	119121	41602	16325	
68 Mulhouse	23431	94925	28900	19964	551	48761	8996	89312	19385	0	63408	141428	64632	29190	12668	
69 Vénissieux	507803	215137	100525	68256	67175	64790	22496	1861454	72884	10255	46061	32154	195417	383291	32279	
71 Chalon-sur-Saône	100337	166972	28113	46491	18169	20805	29542	103493	23824	7041	32243	10069	87232	10191	8259	
76 Le Havre, Rouen	94678	60072	20649	119322	19603	181988	185638	64658	276499	30227	185250	29524	575626	84336	28336	
80 Amiens	32218	12064	3572	37336	13632	22347	13865	15586	31080	0	56064	19972	465310	4853	7266	
81 Mazamet	82715	1800	1329700	61193	76108	0	9824	16877	2541	3410	4021	4849	23254	5275	17494	
84 Avignon	128872	62223	56215	25316	293560	3197	18460	65681	29181	4466	3766	14513	32625	9123	15247	
87 Limoges	33398	0	39935	20837	1669	7396	23396	11424	19100	3800	0	102	2535	42370	6492	
92 Gennevilliers	53393	22347	9609	27763	4881	5896	4203	4292	42102	0	36670	74549	176903	3484	774	
93 Nole	57930	33657	13555	41692	12671	214472	26610	19534	63586	0	100798	24971	230125	20625	14193	
94 Valenton	47563	40829	19815	31961	9576	75305	35851	66108	74861	6945	114242	70220	195996	6708	9131	
TOTAL	3548784	1321437	3086616	2253995	1304847	1946431	864003	3003566	1632747	908267	1347053	1211610	3143127	1097819	1030499	

4a. - MATRICE DES FLUX ROUTIERS EN REGIME COMPTE D'AUTRUI (M10) INTERDEPARTEMENTAUX EN 1991
(Tonne annuelle)

1/2

O-D	Marseille	Gevrey	Toulouse	Bordeaux	Montpellier	Rennes	St-P-d.-C.	Grenoble	Nantes	Agen	Reims	Nancy	Lille	Drunk	Clermont	Hend.	Da
	13	21	31	33	34	35	37	38	44	47	51	54	59	63	63	64	64
13 Marseille		68530	208827	87421	396618	35550	14180	252690	39143	16850	13326	18779	98466	48578	18865		
21 Gevrey	52374		26385	40921	13473	26430	4347	15033	7399	12550	44635	28042	33291	28873	12921		
31 Toulouse	129745	9235		366029	98025	23147	0	14703	17705	136219	799	0	20757	16601	191691		
33 Bordeaux	49335	18758	373929		33568	47934	17363	33032	128251	506916	16184	0	60089	37251	447692		
34 Montpellier	253922	32607	127837	57953		11515	4848	61950	6749	17606	2824	5456	31709	11873	9918		
35 Rennes	7988	23004	23821	37603	0		30307	19735	318047	19806	9657	12773	54650	31996	5754		
37 St-Pierre-des-Corps	6343	3498	4153	12482	5408	76977		15344	222962	6507	13380	201	29384	16832	615		
38 Grenoble	288715	47207	53160	45405	23701	15578	17595		19422	19140	24787	6079	141771	128652	22972		
44 Nantes	31404	2845	13787	120522	3671	751958	205897	20948		22401	42657	16111	66644	38679	15333		
47 Agen	11128	3800	234202	270762	25630	0	11162	20498	21584		1387	14437	14479	6738	53172		
51 Reims	39295	69110	6147	36315	16937	65844	25919	20240	22491	8867		127606	203379	24652	23776		
54 Nancy	17986	126510	12957	11330	17324	4453	0	39804	943	22427	151087		96085	15479	23716		
59 Lille, Dunkerque	144469	28796	66651	119716	21819	109588	64613	29673	95480	14766	243139	79921		48425	1320		
63 Clermont-Ferrand	84040	33441	11870	59240	0	30589	16908	52276	35232	22392	11021	20422	46941		20582		
64 Hendaye, Dax	829	807	115861	373769	41506	7110	17017	29578	4851	14126	0	1107	13627	0			
66 Perpignan	18181	10660	132890	76361	83814	9250	25807	8088	20605	1550	17373	0	63079	2122	13708		
67 Strasbourg	90692	132603	23551	38035	5758	85551	29159	51555	16840	0	112274	458325	119121	41602	16325		
68 Mulhouse	23431	94925	28900	19964	551	48761	8996	89312	19385	0	63408	141428	64632	29190	12668		
69 Vénissieux	507803	215137	100525	68256	67175	64790	22496	1861454	72884	10255	46061	32154	195417	383291	32279		
71 Chalon-sur-Saône	100337	166972	28113	46491	18169	20805	29542	103493	23824	7041	32243	10069	87232	10191	8259		
76 Le Havre, Rouen	94678	60072	20649	119322	19603	181988	185638	64658	276499	30227	185250	29524	575626	84356	28336		
80 Amiens	32218	12064	3572	37336	13632	22347	13865	15586	31080	0	56064	19972	465310	4853	7266		
81 Mazamet	82715	1800	1329700	61193	76108	0	9824	16877	2541	3410	4071	4849	23254	5275	17494		
84 Avignon	1288872	62223	56215	25316	293560	3197	18460	65681	29181	4466	3766	14513	32625	9123	15247		
87 Limoges	33398	0	39935	20837	1669	7396	23396	11424	19100	3800	0	102	2535	42370	6492		
92 Gennevilliers	53393	22347	9609	27763	4881	5896	4203	4292	42102	0	36670	74549	176903	3484	774		
93 Nolsy	57930	33657	13555	41692	12671	214472	26610	19534	63586	0	100798	24971	230125	20625	14193		
94 Valenton	47563	40829	19815	31961	9576	75305	35851	66108	74861	6945	114242	70220	195996	6708	9131		
TOTAL	3548784	1321437	3086616	2253995	1304847	1946431	864003	3003566	1632747	908267	1347053	1211610	3143127	1097819	1030499		

4a.-MATRICE DES FLUX ROUTIERS EN REGIME COMPTE D'AUTRUI (M10) INTERDEPARTEMENTAUX EN 1991
(Tonne annuelle)

O-D	Perpignan	Strasbourg	Mulhouse	Vénissieux	Chalon S.	Le Hav., Ro	Amiens	Mazamet	Avignon	Limoges	Gennevill.	Nîmes	Valenton	TOTAL
	66	67	68	69	71	76	80	81	84	87	92	93	94	
13 Marseille	117319	25070	45970	492165	59356	119506	19300	81568	1378065	15492	46357	48515	130791	3897297
21 Gerrey	8404	66827	117589	97707	810553	29875	21250	3219	43620	1625	4999	60853	121521	1734716
31 Toulouse	203077	0	0	44174	3798	10538	0	196604	6416	57324	253	10671	14495	1572006
33 Bordeaux	28244	34477	18033	37780	27954	60997	31909	96223	45114	71411	31865	15269	48587	2318165
34 Montpellier	126790	25744	10835	143003	35522	14160	11354	102907	262795	7540	8373	28053	45347	1459190
35 Rennes	6531	39134	14329	56352	24911	157505	3487	0	1620	33472	18296	110022	107831	1168631
37 St-Pierre-des-Corps	64	9892	13105	35555	7065	77784	363	169	7913	26161	16509	14861	36581	660108
38 Grenoble	16160	47649	76022	3123446	109446	42599	15667	0	137014	9849	26095	11669	111759	4581559
44 Nantes	0	40807	23665	41570	8627	61059	28677	12523	6780	46129	12882	21108	147274	1803958
47 Agen	16879	0	7740	2792	0	12144	7704	119859	9659	9749	8342	8341	30777	922965
51 Reims	6314	123590	40627	75333	26009	130482	53820	7965	10871	0	7551	96306	272906	1542352
54 Nancy	0	311540	69931	97578	24513	140724	59929	0	19654	590	19698	63233	17327	1364818
59 Lille, Dunkerque	15387	138821	61845	188121	39863	406315	587442	25356	39395	5296	198507	251069	213119	3238912
63 Clermont-Ferrand	3798	37278	26370	143700	31751	33496	12518	9489	20948	129259	14667	30045	23606	961879
64 Hendaye, Dax	25956	6368	1211	18106	0	32626	8640	12833	15834	3557	1635	11328	1379	759661
66 Perpignan	31841	51272	51272	83522	12620	7950	17138	8325	74827	17615	5723	0	47034	841355
67 Strasbourg	4590	901724	901724	144877	52954	72146	41670	9850	26024	8028	29916	47688	85133	2645991
68 Mulhouse	1108	453099	453099	65141	23975	79624	31507	0	26302	236	6973	41589	56179	1431284
69 Vénissieux	7326	75403	74421	65141	562707	82559	15000	16568	158901	47835	32436	159930	115940	5029003
71 Chalon-sur-Saône	6937	10895	66825	266127	45159	34832	1694	5152	55398	1964	23128	16811	28297	1210841
76 Le Havre, Rouen	162	59108	36145	66827	45394	418189	584138	3776	11323	28141	182040	312341	402370	3687956
80 Amiens	0	31201	22928	45394	8601	2948	0	0	3308	1228	33977	21955	84053	1405999
81 Mazamet	39018	0	2067	12951	2214	0	0	0	7992	7075	12267	1133	4037	1730763
84 Avignon	41969	10958	13416	236311	15544	6354	9365	0	0	0	0	5614	78536	2340512
87 Limoges	0	7675	1357	34193	1814	12686	15894	6021	0	0	0	30660	34796	357550
92 Gennevilliers	0	17964	29072	44114	5312	99733	16965	809	2682	0	0	444189	271004	1398710
93 Nîmes	0	46110	67144	84123	10989	255228	62510	860	28994	8205	1228475	273590	2940647	2940647
94 Valenton	9288	53599	49742	138063	11749	190871	86263	4040	43353	15785	357267	396400	2161531	2161531
TOTAL	685321	1705050	1843385	5819025	1963006	2592930	1744204	724116	2444802	553566	2328231	2259653	2804269	55168359

ANNEXE II

MATRICE DES VARIABLES EXPLICATIVES

- A. - Distances taxées inter chantiers combinés (Kilomètres) ;
- B. - Distances routières interdépartementales (Kilomètres).
- C. - Temps routiers interdépartementaux (Heures).
- D. - Prix unitaires routiers interdépartementaux (Francs / tonne).

A. - DISTANCES TAXEES INER CHANTIERS COMBINES
(Kilomètres)

	O-D	13	21	31	33	34	35	37	38	44	47	51	54	59	63	64	66	67	68	69	71	76	80	81	84	87	92	93	94
13	Marseille		440	360	592	147	994	747	298	924	465	731	648	914	464	706	288	746	653	279	383	910	814	394	97	690	717	708	690
21	Gevrey	440		640	741	421	627	434	317	611		291	208	453	313	760	520	316	223	167	57	480	389		343		287	277	260
31	Toulouse	360	640		232	212	735	536	496	652	104	820	828	899	510	390	186	946	815	479	582	889	797	137	297	327	702	697	678
33	Bordeaux	592	741	232		439	554	307	724	426	121	641	792	713	510	225	418	923	954	711	710	703	615	340	529	236	518	511	494
34	Montpellier	147	421	212	439		963	729	293	865	317	722	637	955	899	620	141	733	628	270	388	897	791	196	84	500	704	711	677
35	Rennes	994	627	735	554	963		249		153	664	508	663	569	591	783	965	796	835	723	631	523	469		903	558	377	346	369
37	St-Pierre-des-Corps	747	434	536	307	729	249			177		333	480	462	346	523		618	676	475	402	398	313		641	299	211		187
38	Grenoble	298	317	496	724	293				801		613	542	845	416	866	405	610	515	149	259	787			201		594		567
44	Nantes	924	611	652	426	865	153	177	801		547	511	662	580	523	651	795	795	824	650	580	541	485	766	827	451	388	387	364
47	Agen	465		104	121	317	664			547				890	487	352	286	1046	958	591		826		219		318	639		615
51	Reims	731	291	820	641	722	508	333	613	511			209	276	540	847	854	343	398	458	349	346	148	940	635		153		147
54	Nancy	648	208	828	792	637	663	480	542	662		209		290	514	1017	776	135	210	374	265	497	348		551	635	304	286	298
59	Lille, Dunkerque	914	453	899	713	955	569	462	845	580	890	276	290		670	994	1042	451	486	635	585	310	160	1067	819	623	267	210	281
63	Clermont-Ferrand	464	313	510	510	899	591	346	416	523	487	540	514	670		725	535	619	530	260	283	606	516	542	402	283	419		395
64	Hendaye, Dax	706	760	390	225	620	783	523	866	651	352	847	1017	994	725		593	1150		885		930	805	557	632	459	743	649	719
66	Perpignan	288	520	186	418	141	965		405	795	286	854	776	1042	535	593		874	778	407	505	1038		264	225	505		837	820
67	Strasbourg	746	316	946	923	733	796	618	610	795	1046	343	135	451	619	1150	874		93	467	363	630	489	996	649	779	437	419	431
68	Mulhouse	653	223	815	954	628	835	676	515	824	958	398	210	486	530		778	93		380	270	677	543	903	562		484		469
69	Vénissieux	279	167	479	711	270	723	475	149	650	591	458	374	635	260	885	407	467	380		110	631	544	535	182	506		438	417
71	Châlon-sur-Saône	383	57	582	710	388	631	402	259	580		349	265	585	283		505	363	270	110		527	490		449	334	435	307	
76	Le Havre, Rouen	910	480	889	703	897	523	398	787	541	826	346	497	310	606	930	1038	630	677	631	527		204	1003	813	559		211	224
80	Amiens	814	389	797	615	791	469	313		485		148	348	160	516	805		489	543	544	490	204			720	468	113		127
81	Mazamet	394		137	340	196				766	219	940		1067	542	557	264	996	903	535		1003			325		816		792
84	Avignon	97	343	297	529	84	903	641	201	827		635	551	819	402	632	225	649	562	182		813	720	325			620	612	593
87	Limoges	690		327	236	500	558	299		451	318		635	623	283	459	505	779		506	449	559	468				372		348
92	Gennevilliers	717	287	702	518	704	377	211	594	388	639	153	304	267	419	743		437	484		334	201	113	816	620	372			31
93	Nolay	708	277	697	511	711	346			387			286	210		649	837	419		438	435	211			612				19
94	Valenton	690	260	678	494	677	369	187	567	364	615	147	298	281	395	719	820	431	469	417	307	224	127	792	593	348	31	19	

B. - DISTANCES ROUTIERES INERDEPARTEMENTALES
(Kilomètres)

	O-D	13	21	31	33	34	35	37	38	44	47	51	54	59	63	64	66	67	68	69	71	75	80	81	84	87	92	93	94
13	Marseille		526	374	618	136	1119	913	350	945	493	808	752	1015	511	696	289	827	723	334	462	1038	938	297	88	570	794	794	807
21	Gevrey	526		775	767	537	636	430	337	669	653	282	226	532	271	949	690	377	273	192	70	555	455	698	438	416	311	311	324
31	Toulouse	374	775		244	260	688	581	599	571	119	946	1001	1035	383	322	207	1076	972	583	711	897	958	71	337	300	814	814	827
33	Bordeaux	618	767	244		504	444	337	843	327	147	702	979	791	369	182	451	1055	997	600	794	653	714	315	581	221	570	570	583
34	Montpellier	136	537	260	504		948	841	361	831	379	819	763	1026	375	582	175	838	734	345	473	1049	949	183	99	434	805	805	818
35	Rennes	1119	636	688	444	948		226	930	117	591	488	765	577	575	626	895	841	866	785	663	308	500	759	1031	439	356	356	369
37	St-Pierre-des-Corps	913	430	581	337	841	226		724	193	484	365	642	454	322	519	788	718	660	579	457	316	377	652	825	213	233	233	246
38	Grenoble	350	337	599	843	361	930	724		963	718	619	563	826	376	921	514	523	415	145	273	849	749	522	262	554	605	605	618
44	Nantes	945	669	571	327	831	117	193	963		474	521	798	610	452	509	778	874	899	818	696	434	533	642	908	287	389	389	402
47	Agen	493	653	119	147	379	591	484	718	474		849	1126	938	399	329	326	1202	1091	702	628	800	861	190	456	237	717	717	730
51	Reims	808	282	946	702	819	488	365	619	521	849		277	210	512	884	972	353	424	474	352	386	154	1017	720	513	142	144	155
54	Nancy	752	226	1001	979	763	765	642	563	798	1126	277		428	497	1161	916	144	187	418	296	663	431	924	664	642	419	421	432
59	Lille, Dunkerque	1015	532	1035	791	1026	577	454	826	610	938	210	428		601	973	1179	504	575	681	559	318	115	1106	927	602	231	231	244
63	Clermont-Ferrand	511	271	383	369	375	575	322	376	452	399	512	497	601		551	472	571	467	231	229	624	524	349	423	178	380	380	393
64	Hendaye, Dax	696	949	322	182	582	626	519	921	509	329	884	1161	973	551		529	1237	1179	782	976	835	896	393	659	403	752	752	765
66	Perpignan	289	690	207	451	175	895	788	514	778	326	972	916	1179	472	529		991	887	498	626	1202	1102	196	252	507	958	958	971
67	Strasbourg	827	377	1076	1055	838	841	718	523	874	1202	353	144	504	571	1237	991		108	493	371	739	507	999	732	866	495	497	508
68	Mulhouse	723	273	972	997	734	866	660	415	899	1091	424	187	575	467	1179	887	108		389	267	785	685	895	635	647	541	541	554
69	Vénissieux	334	192	583	600	345	785	579	145	818	702	474	418	681	231	782	498	493	389		128	704	604	506	246	409	460	460	473
71	Châlon-sur-Saône	462	70	711	794	473	663	457	273	696	628	352	296	559	229	976	626	371	267	128		582	482	634	374	429	338	338	351
76	Le Havre, Rouen	1038	555	897	653	1049	308	316	849	434	800	386	663	318	624	835	1202	739	785	704	582		185	968	950	625	254	254	267
80	Amiens	938	455	958	714	949	500	377	749	533	861	154	431	115	524	896	1102	507	658	604	482	185		1029	850	525	154	154	167
81	Mazamet	297	698	71	315	183	759	652	522	642	190	1017	924	1106	349	393	196	999	895	506	634	968	1029		260	366	885	885	898
84	Avignon	88	438	337	581	99	1031	825	262	908	456	720	664	927	423	659	252	732	635	246	374	950	850	260		601	706	706	719
87	Limoges	570	416	300	221	434	439	213	554	287	237	513	642	602	178	403	507	866	647	409	429	625	525	366	601		381	381	394
92	Gennevilliers	794	311	814	570	805	356	233	605	389	717	142	419	231	380	752	958	495	541	460	338	254	154	885	706	381		10	23
93	Nolay	794	311	814	570	805	356	233	605	389	717	144	421	231	380	752	958	497	541	460	338	254	154	885	706	381	10		23
94	Valenton	807	324	827	583	818	369	246	618	402	730	155	432	244	393	765	971	508	554	473	351	267	167	898	719	394	23		

C. - TEMPS ROUTIERS INERDEPARTEMENTAUX (Heures)

O-D	13	21	31	33	34	35	37	38	44	47	51	54	59	63	64	66	67	68	69	71	76	80	81	84	87	92	93	94
13 Marseille		6,58	4,92	8,00	2,00	14,17	12,00	5,25	13,17	7,33	11,67	9,67	13,00	6,42	10,08	3,83	10,75	9,00	4,17	6,33	13,17	11,83	4,75	1,05	9,83	10,08	10,08	10,17
21 Gevrey	6,58		10,08	10,25	7,17	8,08	6,00	4,25	8,83	12,33	5,00	3,05	7,00	5,00	12,67	9,00	5,08	3,50	2,42	1,17	7,00	5,83	9,83	5,50	7,42	4,00	4,00	4,08
31 Toulouse	4,92	10,08		3,08	3,33	10,58	7,25	8,67	8,17	2,50	11,83	13,17	13,25	7,25	5,17	2,58	14,17	12,58	7,67	9,83	13,42	12,08	1,42	4,58	5,58	10,33	10,33	10,50
33 Bordeaux	8,00	10,25	3,08		6,50	7,42	4,17	11,67	5,08	2,33	8,75	12,42	10,25	7,25	2,42	5,67	13,17	13,08	10,17	10,83	10,33	9,00	4,50	7,67	4,00	7,33	7,33	7,33
34 Montpellier	2,00	7,17	3,33	6,50		13,92	10,67	5,83	11,50	5,83	12,25	10,33	13,67	6,67	8,58	2,25	11,33	9,67	4,75	6,92	13,59	12,50	3,17	1,67	7,92	10,58	10,58	10,75
35 Rennes	14,17	8,08	10,58	7,42	13,92		3,42	11,75	2,33	9,83	6,17	9,67	7,58	9,42	9,92	13,17	10,67	10,92	9,92	8,58	5,00	6,42	11,83	13,08	7,08	4,58	4,58	4,67
37 St-Pierre-des-Corps	12,00	6,00	7,25	4,17	10,67	3,42		9,67	3,17	6,50	4,58	8,08	6,00	6,42	6,67	9,83	9,00	8,92	7,83	6,58	6,08	4,83	8,67	11,00	3,50	3,00	3,00	3,08
38 Grenoble	5,25	4,25	8,67	11,67	5,83	11,75	9,67		12,50	11,25	9,25	7,33	10,75	4,67	13,92	7,67	7,83	6,00	1,83	3,92	10,75	9,50	8,58	4,17	8,25	7,75	7,75	7,83
44 Nantes	13,17	8,83	8,17	5,08	11,50	2,33	3,17	12,50		7,42	7,00	10,50	8,33	9,00	7,50	10,83	11,33	11,67	10,75	9,42	6,92	7,17	9,58	12,75	5,58	5,42	5,42	5,50
47 Agen	7,33	12,33	2,50	2,33	5,83	9,83	6,50	11,25	7,42		11,17	14,58	12,50	7,67	4,75	5,08	15,58	14,92	10,17	12,08	12,67	11,33	3,83	7,00	4,75	9,58	9,58	9,75
51 Reims	11,67	5,00	11,83	8,75	12,25	6,17	4,58	9,25	7,00	11,17		3,50	3,17	7,50	11,33	14,08	4,50	6,17	7,42	6,17	4,92	2,75	13,33	10,58	7,67	1,92	1,83	2,00
54 Nancy	9,67	3,05	13,17	12,42	10,33	9,67	8,08	7,33	10,50	14,58	3,50		5,75	8,00	14,67	12,08	2,42	3,08	5,50	4,25	8,42	6,25	13,00	8,58	10,50	5,33	5,42	5,50
59 Lille, Dunkerque	13,00	7,00	13,25	10,25	13,67	7,58	6,00	10,75	8,33	12,50	3,17	5,75		9,00	12,67	15,50	6,75	8,33	8,83	7,58	5,58	2,25	14,75	11,92	9,08	3,33	3,33	3,42
63 Clermont-Ferrand	6,42	5,00	7,25	7,25	6,67	9,42	6,42	4,67	9,00	7,67	7,50	8,00	9,00		9,67	8,17	9,08	7,42	2,92	4,58	9,00	7,83	6,58	5,25	3,58	6,00	6,00	6,17
64 Hendaye, Dax	10,08	12,67	5,17	2,42	8,58	9,92	6,67	13,92	7,50	4,75	11,33	14,67	12,67	9,67		7,75	15,67	15,50	12,58	13,17	12,83	11,50	6,50	9,67	6,42	9,75	9,75	9,83
66 Perpignan	3,83	9,00	2,58	5,67	2,25	13,17	9,83	7,67	10,83	5,08	14,08	12,08	15,50	8,17	7,75		13,17	11,50	6,58	8,67	15,58	14,33	3,25	3,50	8,17	12,42	12,42	12,58
67 Strasbourg	10,75	5,08	14,17	13,17	11,33	10,67	9,00	7,83	11,33	15,58	4,50	2,42	6,75	9,08	15,67	13,17		1,75	6,58	5,25	9,33	7,17	14,08	9,58	12,00	6,33	6,25	6,42
68 Mulhouse	9,00	3,50	12,58	13,08	9,67	10,92	8,92	6,00	11,67	14,92	6,17	3,08	8,33	7,42	15,50	11,50	1,75		4,92	3,58	9,92	8,67	12,42	7,92	10,58	6,92	6,92	7,00
69 Venissieux	4,17	2,42	7,67	10,17	4,75	9,92	7,83	1,83	10,75	10,17	7,42	5,50	8,83	2,92	12,58	6,58	6,58	4,92		2,08	8,92	7,67	7,42	3,08	6,50	5,92	5,92	6,00
71 Chalon-sur-Saône	6,33	1,17	9,83	10,83	6,92	8,58	6,58	3,92	9,42	12,08	6,17	4,25	7,58	4,58	13,17	8,67	5,25	3,58	2,08		7,67	6,33	9,58	5,25	7,92	4,58	4,58	4,67
76 Le Havre, Rouen	13,17	7,00	13,42	10,33	13,59	5,00	6,08	10,75	6,92	12,67	4,92	8,42	5,58	9,00	12,83	15,58	9,33	9,92	8,92	7,67		3,58	14,92	12,00	9,17	3,42	3,42	3,50
80 Amiens	11,83	5,38	12,08	9,00	12,50	6,42	4,83	9,50	7,17	11,33	2,75	6,25	2,25	7,83	11,50	14,33	7,17	8,67	7,67	6,33	3,58		13,50	10,75	7,83	2,08	2,08	2,25
81 Mazamet	4,75	9,83	1,42	4,50	3,17	11,83	8,67	8,58	9,58	3,83	13,33	13,00	14,75	6,58	6,50	3,25	14,08	12,42	7,42	9,58	14,92	13,50		4,42	6,92	11,75	11,75	11,83
84 Avignon	1,05	5,50	4,58	7,67	1,67	13,08	11,00	4,17	12,75	7,00	10,58	8,58	11,92	5,25	9,67	3,50	9,58	7,92	3,08	5,25	12,00	10,75	4,42		9,00	8,92	8,92	9,08
87 Limoges	9,83	7,42	5,58	4,00	7,92	7,08	3,50	8,25	5,58	4,75	7,67	10,50	9,08	3,58	6,42	8,17	12,00	10,58	6,50	7,92	9,17	7,83	6,92	9,00		6,17	6,17	6,17
92 Gennevilliers	10,08	4,00	10,33	7,33	10,58	4,58	3,00	7,75	5,42	9,58	1,92	5,33	3,33	6,00	9,75	12,42	6,33	6,92	5,92	4,58	3,42	2,08	11,75	8,92	6,17	0,33	0,42	0,42
93 Noisy	10,08	4,00	10,33	7,33	10,58	4,58	3,00	7,75	5,42	9,58	1,83	5,42	3,33	6,00	9,75	12,42	6,25	6,92	5,92	4,58	3,42	2,08	11,75	8,92	6,17	0,33	0,42	0,42
94 Valenton	10,17	4,08	10,50	7,33	10,75	4,67	3,08	7,83	5,50	9,75	2,00	5,50	3,42	6,17	9,83	12,58	6,42	7,00	6,00	4,67	3,50	2,25	11,83	9,08	6,17	0,42	0,42	0,42

D.- PRIX UNITAIRES ROUTIERS INERDEPARTEMENTAUX
(Francs / tonne)

	O-D	13	21	31	33	34	35	37	38	44	47	51	54	59	63	64	66	67	68	69	71	76	80	81	84	87	92	93	94	
13	Marseille		130	100	150	50	260	220	100	230	130	205	180	240	125	180	80	200	170	90	120	240	220	90	50	160	190	190	190	190
21	Gevrey	130		185	185	135	155	115	90	165	190	90	65	135	90	225	170	100	75	60	30	135	115	175	110	125	85	85	85	85
31	Toulouse	100	185		70	75	180	140	155	150	50	220	235	240	120	95	60	255	230	145	180	225	225	35	90	95	195	195	195	195
33	Bordeaux	150	185	70		125	125	90	205	95	50	170	230	190	115	55	115	245	235	165	195	175	170	90	145	75	140	140	145	145
34	Montpellier	50	135	75	125		240	200	105	205	105	210	185	245	115	150	55	205	180	95	125	245	225	65	40	130	195	195	195	195
35	Rennes	260	155	180	125	240		70	220	50	165	120	180	145	160	170	225	200	205	185	160	90	125	200	240	125	95	95	95	95
37	St-Pierre-des-Corps	220	115	140	90	200	70		175	65	125	95	155	115	105	130	185	170	165	145	120	100	100	160	200	70	65	65	70	70
38	Grenoble	100	90	155	205	105	220	175		230	190	160	140	200	95	235	135	140	110	50	80	200	180	145	80	145	150	150	150	150
44	Nantes	230	165	150	95	205	50	65	230		130	135	195	155	140	135	195	210	215	195	170	120	135	165	225	95	105	105	105	105
47	Agen	130	190	50	50	105	165	125	190	130		205	265	225	125	95	95	280	260	180	185	210	205	70	125	80	175	175	180	180
51	Reims	205	90	220	170	210	120	95	160	135	205		75	65	135	210	240	95	115	130	105	100	55	240	185	135	50	50	50	50
54	Nancy	180	65	235	230	185	180	155	140	195	265	75		110	140	270	220	55	65	110	85	160	115	225	160	175	110	110	110	110
59	Lille, Dunkerque	240	135	240	190	245	145	115	200	155	225	65	110		160	230	275	130	150	165	140	100	50	260	220	160	70	70	70	70
63	Clermont-Ferrand	125	90	120	115	115	160	105	95	140	125	135	140	160		160	135	155	130	65	80	160	140	110	105	65	110	110	110	110
64	Hendaye, Dax	180	225	95	55	150	170	130	235	135	95	210	270	230	160		140	285	275	210	235	215	210	115	170	115	180	180	185	185
66	Perpignan	80	170	60	115	55	225	185	135	195	95	240	220	275	135	140		235	210	125	160	280	260	65	75	140	225	225	230	230
67	Strasbourg	200	100	255	245	205	200	170	140	210	280	95	55	130	155	285	235		45	125	100	175	130	245	180	215	125	125	125	125
68	Mulhouse	170	75	230	235	180	205	165	110	215	260	115	65	150	130	275	210	45		100	75	185	165	220	155	175	135	135	135	135
69	Vénissieux	90	60	145	165	95	185	145	50	195	180	130	110	165	65	210	125	125	100		50	170	145	135	70	115	115	120	120	120
71	Châlon-sur-Saône	120	30	180	195	125	160	120	80	170	185	105	85	140	80	235	160	100	75	50		145	125	165	100	130	90	90	95	95
76	Le Havre, Rouen	240	135	225	175	245	90	100	200	120	210	100	160	100	160	215	280	175	185	170	145		65	250	220	160	75	75	75	75
80	Amiens	220	115	225	170	225	125	100	180	135	205	55	115	50	140	210	260	130	165	145	125	65		245	200	140	50	50	55	55
81	Mazamet	90	175	35	90	65	200	160	145	165	70	240	225	260	110	115	65	245	220	135	165	250	245		80	115	215	215	215	215
84	Avignon	65	110	90	145	40	240	200	80	225	125	185	160	220	105	170	75	180	155	70	100	220	200	80		160	170	170	170	170
87	Limoges	160	125	95	75	130	125	70	145	95	80	135	175	160	65	115	140	215	175	115	130	160	140	115	160		110	110	110	110
92	Gennevilliers	190	85	195	140	195	95	65	150	105	175	50	110	70	110	180	225	125	135	115	90	75	50	215	170	110		15	15	15
93	Noisy	190	85	195	140	195	95	65	150	105	175	50	110	70	110	180	225	125	135	115	90	75	50	215	170	110	15	15	15	15
94	Valenton	190	85	195	145	195	95	70	150	105	180	50	110	70	110	180	230	125	135	120	95	75	55	215	170	110	15	15	15	15

ANNEXE III

LES GROUPES NST RETENUS POUR CALCULER LES TRAFICS ROUTIER TRANSFERABLES SUR LE TRANSPORT COMBINE

Groupe	NST
02	Pommes de terre
03	Autres légumes frais ou congelés et fruits frais
04	Matières textiles et déchets
05	Bois et Liège
09	Autres matières premières d'origine animale ou végétale
11	Sucres
12	Boissons
13	Stimulants et épicerie
14	Denrées alimentaires périssables ou semi-périssables ou conserves
16	Denrées alimentaires non périssables et Houblon
17	Nourritures pour animaux et déchets alimentaires
18	Oléagineux
32	Dérivés énergétiques
33	Hydrocarbures énergétiques gazeux
34	Dérivés non énergétiques
54	Tôles, feuillard et bandes en acier
56	Métaux ferreux
69	Autres matériaux et constructions manufacturés
71	Engrais naturels
72	Engrais manufacturés
81	Produits chimique de base
83	Produits carbochimiques
84	Cellulose et déchets
89	Autres matières chimiques
91	Véhicules et matériels de transport
92	Tracteurs, machines et appareillages agricoles
93	Autres machines, moteurs et pièces
94	Articles métalliques
95	Verre, verrerie, produits céramiques
96	Cuirs, textiles, habillement
97	Articles manufacturés divers
99	Transactions spéciales

ANNEXE IV

LES TABLEAUX CROISES DES VARIABLES DE L'ENVOI DE L'ENQUETE AUPRES DES CHARGEURS DE L'INRETS

- A. - Le tableau croisé entre la distance (km) et les modes de transport
- B. - Le tableau croisé entre le poids de l'envoi (kg) et les modes de transport
- C. - Le tableau croisé entre la valeur de l'envoi (F) et les modes de transport
- D. - Le tableau croisé entre le prix de l'envoi (F) et les modes de transport
- E. - Le tableau croisé entre les groupes APE et les modes de transport
- F. - Le tableau croisé entre les plages horaires de départ et les modes de transport
- G. - Le tableau croisé entre les plages horaires d'arrivée et les modes de transport
- H. - Le tableau croisé entre la valeur au kilo de l'envoi (F/kg) et les modes de transport

A. - Le tableau croisé entre la distance (km) et les modes de transport

Fréquence Pourcentage	0	1	Total
200 - 300	541 18,66	3 0,10	544 18,77
300 - 500	897 30,94	13 0,45	910 31,39
500 - 800	867 29,91	46 1,59	913 31,49
800 - 900	124 4,28	9 0,31	133 4,59
900 - 1000	89 3,07	9 0,31	98 3,38
1000 - 1100	57 1,97	2 0,07	59 2,04
> 1100	241 8,31	1 0,03	242 8,35
Total	2816 97,14	83 2,86	2899 100,00

0 - Transport routier

1 - Transport combiné

B. - Le tableau croisé entre le poids de l'envoi (kg) et les modes de transport

Fréquence Pourcentage	0	1	Total
< 50	629 22,68	29 1,05	658 23,73
50 - 150	302 10,89	14 0,50	316 11,40
150 - 250	150 5,41	7 0,25	157 5,66
250 - 500	182 6,56	7 0,25	189 6,82
500 - 750	109 3,93	7 0,25	116 4,18
750 - 1000	67 2,42	2 0,07	69 2,49
1000 - 2000	189 6,82	7 0,25	196 7,07
2000 - 6000	327 11,79	3 0,11	330 11,90
6000 - 10000	150 5,41	4 0,14	154 5,55
10000 - 15000	144 5,19	3 0,11	147 5,30
> 15000	441 15,90	0 0,00	441 15,90
Total	2690 97,01	83 2,99	2773 100,00

Fréquence Missing = 126

0 - Transport routier
1 - Transport combiné

C. - Le tableau croisé entre la valeur de l'envoi (F) et les modes de transport

Fréquence Pourcentage	0	1	Total
< 250	17 0,82	3 0,14	20 0,96
250 - 500	20 0,96	0 0,00	20 0,96
500 - 1000	61 2,93	5 0,24	66 3,17
1000 - 3000	219 10,52	9 0,43	228 10,96
3000 - 5000	155 7,45	7 0,34	162 7,78
5000 - 10000	232 11,15	13 0,62	245 11,77
10000 - 20000	249 11,97	11 0,53	260 12,49
20000 - 50000	347 16,67	17 0,82	364 17,49
50000 - 120000	321 15,43	4 0,19	325 15,62
> 120000	389 18,69	2 0,10	391 18,79
Total	2010 96,59	71 3,41	2081 100,00

Fréquence Missing = 818

0 - Transport routier
1 - Transport combiné

D. - Le tableau croisé entre le prix de l'envoi (F) et les modes de transport

Fréquence Pourcentage	0	1	Total
< 30	8 0,57	0 0,00	8 0,57
30 - 60	29 2,08	0 0,00	29 2,08
60 - 80	57 4,08	1 0,07	58 4,15
80 - 100	82 5,87	5 0,36	87 6,23
100 - 150	156 11,17	18 1,29	174 12,46
150 - 300	178 12,74	4 0,29	182 13,03
300 - 1000	279 19,97	15 1,07	294 21,05
1000 - 2500	223 15,96	5 0,36	228 16,32
> 2500	332 23,77	5 0,36	337 24,12
Total	1344 96,21	53 3,79	1397 100,00

Fréquence Missing = 1502

0 - Transport routier

1 - Transport combiné

E. - Le tableau croisé entre les groupes APE et les modes de transport

Frequency			
Percent	0	1	Total
APE1	143	6	149
	4,93	0,21	5,14
APE2	152	1	153
	5,24	0,03	5,28
APE3	179	4	183
	6,17	0,14	6,31
APE4	193	5	198
	6,66	0,17	6,83
APE5	149	1	150
	5,14	0,03	5,17
APE6	121	6	127
	4,17	0,21	4,38
APE7	134	2	136
	4,62	0,07	4,69
APE8	29	0	29
	1,00	0,00	1,00
APE9	219	4	223
	7,55	0,14	7,69
APE10	209	2	211
	7,21	0,07	7,28
APE11	127	3	130
	4,38	0,10	4,48
APE12	57	1	58
	1,97	0,03	2,00
APE13	246	4	250
	8,49	0,14	8,62
APE14	217	22	239
	7,49	0,76	8,24
APE15	147	6	153
	5,07	0,21	5,28
APE16	76	7	83
	2,62	0,24	2,86
APE17	64	1	65
	2,21	0,03	2,24
APE18	126	1	127
	4,35	0,03	4,38
APE19	128	3	131
	4,42	0,10	4,52
APE20	100	4	104
	3,45	0,14	3,59
Total	2816	83	2899
	97,14	2,86	100,00

F. - Le tableau croisé entre les plages horaires de départ et les modes de transport

Fréquence Pourcentage	0	1	Total
Matin	1220 43,59	24 0,86	1244 44,44
Après-midi	1373 49,05	54 1,93	1427 50,98
Nuit	124 4,43	4 0,14	128 4,57
Total	2717 97,07	82 2,93	2799 100,00

Fréquence Missing = 100

0 - Transport routier

1 - Transport combiné

G. - Le tableau croisé entre les plages horaires d'arrivée et les modes de transport

Fréquence Pourcentage	0	1	Total
Matin	1381 52,17	52 1,96	1433 54,14
Après-midi	1036 39,14	26 0,98	1062 40,12
Nuit	150 5,67	2 0,08	152 5,74
Total	2567 96,98	80 3,02	2647 100,00

Fréquence Missing = 252

0 - Transport routier

1 - Transport combiné

H. - Le tableau croisé entre la valeur au kilo de l'envoi (F/kg) et les modes de transport

Fréquence			
Pourcentage	0	1	Total
< 25	1609	24	1633
	55,50	0,83	56,33
25 - 50	313	14	327
	10,80	0,48	11,28
50 - 100	258	11	269
	8,90	0,38	9,28
100 - 250	283	16	299
	9,76	0,55	10,31
250 - 500	156	15	171
	5,38	0,52	5,90
> 500	197	3	200
	6,80	0,10	6,90
Total	2816	83	2899
	97,14	2,86	100,00

0 - Transport routier
1 - Transport combiné

ANNEXE V

INTITULE DES 20 GROUPES, SELON LES 3 CATEGORIES

Catégorie 1 - Bien intermédiaires

- groupe 1 - Métallurgie
- groupe 2 - Matériaux de construction céramique verre
- groupe 3 - Pétrole et chimie de base
- groupe 4 - Parachimie caoutchouc et matières plastiques
- groupe 5 - Travail des métaux
- groupe 6 - Textile tannerie
- groupe 7 - Bois, papier, carton
- groupe 8 - Commerce de gros de biens intermédiaires

Catégorie 2 - Biens de production

- groupe 9 - Fabrication d'équipement agricole, industriel et de manutention
- groupe 10 - Fabrication de matériel électrique et électronique professionnel
- groupe 11 - Outillage, mobilier métallique, instruments de précisions
- groupe 12 - Commerce de gros de biens de production

Catégorie 3 - Biens de consommation

- groupe 13 - Produits de grande distribution (entretien, parfumerie, alimentaire)
- groupe 14 - Habillement et cuir
- groupe 15 - Automobiles et cycles
- groupe 16 - Industrie pharmaceutique
- groupe 17 - Electroménager et électronique domestique
- groupe 18 - Ameublement
- groupe 19 - Autre biens de consommation
- groupe 20 - Commerce de gros de biens de consommation

ANNEXE VI

MODELE DE CALCUL DES COUTS MARGINAUX DE TRACTION FERROVIAIRE

Nous avons pu trouver, au cours de notre recherche, une méthode de calcul des coût marginaux de traction ferroviaire, mise au point par M. FRYBOURG, aux conditions économiques de 1983.

1 - Acheminement en train complet composé de wagon à essieux (type K 50)

$$\begin{aligned} \text{CWE} = & 232 + (14,1\text{de}+28,2\text{dd})/n + (0,00025\text{d}+0,00616\text{de}+0,01184\text{dd})p \\ & + (0,116\text{d}+0,160\text{de}+0,371\text{dd}) + \text{COj} \cdot \text{Nj}/\text{Jj} \end{aligned}$$

2 - Acheminement en train complet composé de wagon à bogies (type S 68)

$$\begin{aligned} \text{CWB} = & 243 + (14,1\text{de}+28,2\text{dd})/n + (0,00025\text{d}+0,00616\text{de}+0,01184\text{dd})p \\ & + (0,182\text{d}+0,283\text{de}+0,669\text{dd}) + \text{COj} \cdot \text{Nj}/\text{Jj} \end{aligned}$$

3 - Acheminement par wagon isolé à essieux (type K 50)

$$\begin{aligned} \text{CWIE} = & 176 + (0,00025\text{d}+0,04725\text{de}+0,09028\text{dd})p + (0,116\text{d}+0,600\text{de}+1,147\text{dd}) \\ & + 56,20\text{e} + \text{COj} \cdot \text{Nj}/\text{Jj} \end{aligned}$$

4 - Acheminement par wagon isolé à bogies (type S 68)

$$CWIB=176 + (0,00025d+0,04725de+0,09028dd)p + (0,182d+0,912de+1,742dd) \\ + 67,44e + COj*Nj/Jj$$

Dans ces formules, la signification des différents paramètres est la suivante :

CWE	le coût marginal au wagon à essieux par train complet (type K 50)
CWB	le coût marginal au wagon à bogies par train complet (type S 68)
CWIE	le coût marginal au wagon à essieux par wagon isolé (type K 50)
CWIB	le coût marginal au wagon à bogies par wagon isolé (type S 68)
n	le nombre de wagons par train
p	la charge utile par wagon (poids de la marchandise + tare des conteneurs ou des remorques)
d	la distance totale d'acheminement
de	la distance d'acheminement en traction électrique
dd	la distance d'acheminement en traction diesel
e	le nombre de triages traversés
Nj	le nombre de jours d'utilisation du wagon j pour réaliser le transport étudié
COj	le coût au wagon-an (charge de capital et d'entretien périodique) du wagon j
Jj	le nombre moyen annuel de jours d'utilisation du wagon j

Ces formules s'appliquent à des transports de chantier spécialisé à chantier spécialisé, pour des trains dont le tonnage brut remorqué est inférieur à 1100 tonnes.